



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO CLARO**



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS**

**PROPOSIÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM PROTOCOLO DE TESTE PROGRESSIVO TIPO
RAMPA EM NADO LIVRE E A FIDEDIGNIDADE DO NADO ATADO EM CONFIGURAR
CONDIÇÕES SIMILARES DE ESFORÇO**

CAMILA MIDORI TAKEMOTO VASCONCELOS

**Rio Claro – SP
2022**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS – RIO CLARO**



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS**

**PROPOSIÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM PROTOCOLO DE TESTE PROGRESSIVO TIPO
RAMPA EM NADO LIVRE E A FIDEDIGNIDADE DO NADO ATADO EM CONFIGURAR
CONDIÇÕES SIMILARES DE ESFORÇO**

CAMILA MIDORI TAKEMOTO VASCONCELOS

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Humano e Tecnologias (Linha de Pesquisa: Tecnologias e Desempenho Humano).
Orientador: Prof. Dr. Dalton Muller Pessôa-Filho

**Rio Claro – SP
2022**

V331p

Vasconcelos, Camila Midori Takemoto

Proposição e validação de um protocolo de teste progressivo tipo rampa em nado livre e a fidedignidade do nado atado em configurar condições similares de esforço / Camila Midori Takemoto Vasconcelos. -- Rio Claro, 2022

60 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientador: Dalton Müller Pessôa-Filho

1. Consumo de Oxigênio. 2. Natação. 3. Aptidão Cardiorrespiratória. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Rio Claro

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: PROPOSIÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM PROTOCOLO DE TESTE PROGRESSIVO TIPO RAMPA EM NADO LIVRE E A FIDEDIGNIDADE DO NADO ATADO EM CONFIGURAR CONDIÇÕES SIMILARES DE ESFORÇO

AUTORA: CAMILA MIDORI TAKEMOTO VASCONCELOS

ORIENTADOR: DALTON MULLER PESSÔA FILHO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em **DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS**, área: Tecnologias nas Dinâmicas Corporais pela Comissão Examinadora:


 Prof. Dr. DALTON MULLER PESSÔA FILHO (Participação Virtual)
 Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP


 Prof. Dr. TIAGO ANDRÉ FREIRE DE ALMEIDA (Participação Virtual)
 Centro Interdisciplinar do Estudo da Performance Humana / Faculdade de Motricidade Humana, CIPER - Lisboa
 - Portugal


 Prof. Dr. RENATO APARECIDO CORRÊA CARITÁ (Participação Virtual) Departamento de
 Educação Física / Faculdade de Americana - SP

Rio Claro, 07 de janeiro de 2022

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

RESUMO

A utilização de um protocolo tipo rampa se apresenta como uma alternativa favorável para a obtenção de parâmetros máximos e submáximos, por ser mais fácil e rápida em relação aos protocolos tradicionalmente utilizados na natação. Além disso, tem-se sugerido a necessidade da aplicação de um teste de confirmação para avaliar se o pico de consumo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$) observado durante os testes progressivos representam efetivamente o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{max}}$) do atleta. Portanto, o objetivo do presente estudo foi delinear um protocolo tipo rampa em nado livre para a avaliação do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, bem como validar a obtenção de um máximo esforço e máxima resposta oxidativa pelo teste de confirmação, comparando com um protocolo similar aplicado em condições de nado atado. Além disso, comparar ambas as condições no que diz respeito às respostas de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, $\dot{V}O_{2\text{max}}$ e limiares obtidas. Para isso, oito nadadores do sexo masculino ($19,4 \pm 5,2$ anos, $181,8 \pm 8,8$ cm e $73,9 \pm 10,4$ kg) foram submetidos aos protocolos de testes progressivo máximos e protocolos de confirmação para a comparação das respostas. Em nado livre, os sujeitos desempenharam um teste progressivo contínuo até a exaustão: 8 x 100m a 60, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100% da velocidade correspondente ao esforço máximo de 200m. Para o nado atado, os participantes também desempenharam um teste progressivo até a exaustão, atados a um sistema de carga com barra e polias, com a intensidade da carga progredindo 5% a cada minuto entre 30-100% do valor médio da força atada máxima (Favg). Para verificar a ocorrência do $\dot{V}O_{2\text{max}}$, os nadadores realizaram dois protocolos utilizando uma carga fixa 5% acima da intensidade que elicitou o $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ (105% da $i\dot{V}O_{2\text{peak}}$), até a exaustão voluntária, para ambas as condições. Em ambos os testes progressivos também foram determinados os limiares aeróbio e anaeróbio, a partir das respostas gasosas (i.e., limiar de permuta gasosa – LPG, e ponto de compensação respiratória – PCR). O nível de significância foi fixado $p \leq 0,05$. Os resultados obtidos não apresentam diferença significativa entre os protocolos progressivos tanto para a avaliação do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ (53.5 ± 6.0 e 51.6 ± 5.2 $\text{ml}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$, para o nado livre e atado, respectivamente) quanto para os limiares fisiológicos em GET (37.2 ± 4.3 e 36.1 ± 4.7 $\text{ml}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$ para o nado livre e atado, respectivamente) e PCR (46.3 ± 4.4 e 45.9 ± 4.3 $\text{ml}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$ para o nado livre e atado, respectivamente), apresentando diferenças ($p = 0,01$, para ambos), com nado livre apresentando valores maiores em relação ao atado, apenas para as intensidades em GET (84.17 ± 2.16 e 68.68 ± 7.92 $\%i\dot{V}O_{2\text{peak}}$ para nado livre e atado, respectivamente) e PCR (92.25 ± 3.09 e 85.83 ± 5.38 $\%i\dot{V}O_{2\text{peak}}$ para nado livre e atado, respectivamente). Quanto aos testes de confirmação (54.9 ± 5.5 e 53.0 ± 7.5 $\text{ml}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$ para o nado livre e atado, respectivamente), os resultados não apresentaram valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ diferentes dos testes progressivos, para ambas as situações. Os protocolos tipo rampa em nado livre e atado contextualizaram esforços com demanda oxidativa máxima e, dessa forma, mostraram-se satisfatórios para a avaliação da aptidão aeróbia máxima dos nadadores. Em esforços supra máximos (i.e., 105% $i\dot{V}O_{2\text{peak}}$) demonstrou-se a ocorrência de um máximo para a resposta $\dot{V}O_2$ que não diferiu dos valores observados em ambos os protocolos progressivos, e assim confirmando a validade do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ em representar o $\dot{V}O_{2\text{max}}$, independentemente da condição de nado. Todavia, a similaridade entre o nado livre e atado está circunscrita às intensidades máximas, uma vez que as diferenças de intensidade de nado em LPG sugerem perfis de economia distintos.

Palavras-chaves: Consumo de Oxigênio. Natação. Aptidão Cardiorrespiratória.

ABSTRACT

The use of a ramp-type protocol is a favourable alternative for obtaining maximum and submaximal parameters, as it is easier and faster compared to protocols traditionally used in swimming. Furthermore, it has been suggested the need to apply a confirmation test to assess whether the peak oxygen consumption ($\dot{V}O_{2peak}$) observed during the progressive tests effectively represents the maximum oxygen consumption ($\dot{V}O_{2max}$) of the athlete. Therefore, the aim of the present study was to design a ramp-type protocol in free swimming for the assessment of $\dot{V}O_{2peak}$, as well as to validate the achievement of maximum effort and maximum oxidative response by the confirmation test, compared to a similar protocol applied under tethered swimming conditions. Furthermore, compare both conditions with respect to the $\dot{V}O_{2peak}$, $\dot{V}O_{2max}$ and threshold responses obtained. For this, eight male swimmers (19.4 ± 5.2 years, 181.8 ± 8.8 cm and 73.9 ± 10.4 kg) were submitted to the maximum progressive test protocols and confirmation protocols for the comparison of responses. In free swimming, the subjects performed a continuous progressive test until exhaustion: 8 x 100m at 60, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100% of the speed corresponding to the maximum effort of 200m. For the tethered swimming, participants also performed a progressive test until exhaustion, tethered to a bar and pulley loading system, with the load intensity progressing 5% every minute between 30-100% of the average value of maximum tethered force (F_{avg}). To verify the occurrence of $\dot{V}O_{2max}$, the swimmers performed two protocols using a fixed load 5% above the intensity that elicited the $\dot{V}O_{2peak}$ (105% of the $i\dot{V}O_{2peak}$), until voluntary exhaustion, for both conditions. In both progressive tests, aerobic and anaerobic thresholds were also determined, based on gas responses (i.e., gas exchange threshold – LPG, and respiratory compensation point – CRP). The level of significance was set at $p \leq 0.05$. The results obtained do not show significant difference between the progressive protocols both for the assessment of $\dot{V}O_{2peak}$ (53.5 ± 6.0 and 51.6 ± 5.2 $ml \times kg^{-1} \times min^{-1}$, for free and tethered swimming, respectively) and for the physiological thresholds in GET (37.2 ± 4.3 and 36.1 ± 4.7 $ml \times kg^{-1} \times min^{-1}$ for free and tethered swimming, respectively) and PCR (46.3 ± 4.4 and 45.9 ± 4.3 $ml \times kg^{-1} \times min^{-1}$ for free and tethered swimming, respectively), showing differences ($p = 0.01$ for both), with free swimming showing higher values compared to tied, only for the intensities in GET (84.17 ± 2.16 and 68.68 ± 7.92 $\%i\dot{V}O_{2peak}$ for free and tethered swimming, respectively) and PCR (92.25 ± 3.09 and 85.83 ± 5.38 $\%i\dot{V}O_{2peak}$ for free and tethered swimming, respectively). As for the confirmation tests (54.9 ± 5.5 and 53.0 ± 7.5 $ml \times kg^{-1} \times min^{-1}$ for the free and tethered swim, respectively), the results did not show $\dot{V}O_{2peak}$ values different from the progressive tests, for both situations. The ramp-type protocols in free and tethered swimming contextualized efforts with maximum oxidative demand and, therefore, proved to be satisfactory for the assessment of the maximum aerobic fitness of swimmers. In supramaximal efforts (ie, 105% $i\dot{V}O_{2peak}$) it was demonstrated the occurrence of a maximum for the $\dot{V}O_2$ response that did not differ from the values observed in both progressive protocols, thus confirming the validity of the $\dot{V}O_{2peak}$ in representing the $\dot{V}O_{2max}$, regardless of the condition of swimming. However, the similarity between free and tethered nothingness is limited to the maximum intensities, since the differences in the intensity of swimming in LPG suggest different economic profiles.

Keywords: Oxygen Consumption. Swimming. Cardiorespiratory Fitness.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 5.1** – Ilustração do teste progressivo em nado livre 32
- Figura 5.2** - Ilustração do teste de força atada com célula de carga (A), o uso do novo AquaTrainer® power (B), a aplicação do sistema em nado atado com polia de peso-livre (C) e uma visão geral do protocolo progressivo (D)..... 33
- Figura 6.1** – Comparação entre os valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ determinados durante os testes progressivos e confirmatórios nas condições de nado livre e nado atado.. 37
- Figura 6.2** - Valores da comparação de $\% \dot{V}O_{2\text{pico}}$, GET, PCR e $i\dot{V}O_{2\text{pico}}$ entre as condições livre e atado. Obs.: $i\dot{V}O_{2\text{pico}}$ refere-se a velocidade e carga, respectivamente para as condições de nado livre e nado atado..... 39
- Figura 6.3** - Valores de dispersão para a análise do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ (Painel A e B), GET (Painel C e D) e PCR e (Painel E e F) nas condições de nado livre e atado. Obs.: Os valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ são expressos em $\text{ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ 41
- Figura 6.4** - Valores de dispersão para a análise do $i\dot{V}O_{2\text{pico}}$, GET (Painel G e H) e PCR (Painel I e J) nas condições de nado livre e nado atado. Obs.: Os valores são expressos em $\%i\dot{V}O_{2\text{pico}}$ 41

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1 – Valores de dispersão para os valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ nas condições de nado livre e atado nos testes progressivo e confirmatório 38

Tabela 6.2 – Valores de dispersão em $\% \dot{V}O_{2\text{pico}}$ e $\% i\dot{V}O_{2\text{pico}}$ para GET e PCR nas condições de nado livre e atado. Obs.: $i\dot{V}O_{2\text{pico}}$ se refere tanto a velocidade, quanto a carga, nas condições de nado livre e atado, respectivamente 39

LISTA DE ABREVIATURAS

ATP	Trifosfato de adenosina
a-vO ₂ diff	Diferença da quantidade de O ₂ arteriovenosa no nível capilar
CONF	Confirmação
CO ₂	Dióxido de carbono
F _{avg}	Valor médio da força atada máxima
FC	Frequência cardíaca
FC _{max}	Frequência cardíaca máxima
F _{med}	Força máxima média
F _{pico}	Força máxima pico
GET	Limiar de permuta gasosa
H ⁺	Hidrogênio
iVO _{2max}	Intensidade/velocidade correspondente ao consumo máximo de oxigênio
[La ⁻]	Concentração de lactato
LL	Limiar de lactato
LPG	Limiar de permuta gasosa
LV1	Primeiro limiar ventilatório
m	Metro
O ₂	Oxigênio
PC	Potência crítica
PCr	Fosfocreatina
PCR	Ponto de compensação respiratória
PETCO ₂	Pressão expiratória final de CO ₂
PETO ₂	Pressão expiratória final de O ₂
Q	Débito cardíaco
RER	Coeficiente respiratório
s	Segundos
VE	Ventilação pulmonar por minuto
VO ₂	Consumo pulmonar de oxigênio
VO _{2Base}	Consumo de oxigênio do início do exercício ou recuperação
VO _{2max}	Consumo máximo de oxigênio
VO _{2pico}	Pico de consumo de oxigênio

$\dot{V}E/\dot{V}CO_2$	Equivalente respiratório para o $\dot{V}CO_2$
$\dot{V}E/\dot{V}O_2$	Equivalente respiratório para o $\dot{V}O_2$
VS	Volume sistólico
V200m	Velocidade respectiva ao desempenho máximo em 200 metros

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	ÍNDICES FISIOLÓGICOS DURANTE TESTE PROGRESSIVO....	14
2.1.1	PARÂMETROS DE INTENSIDADE DURANTE O TESTE PROGRESSIVO E SUAS APLICAÇÕES.....	16
2.2	TESTE PROGRESSIVO	19
2.2.1	PROTOSCOLOS PROGRESSIVOS EM NADO LIVRE E NADO ATADO.....	23
3	JUSTIFICATIVA	28
4	OBJETIVOS	29
4.1	OBJETIVOS GERAIS	29
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
5	MÉTODOS	30
5.1	SUJEITOS	30
5.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	30
5.3	PROTOSCOLO PROGRESSIVO EM NADO LIVRE E NADO ATADO	31
5.4	PROTOSCOLO DE CONFIRMAÇÃO EM NADO LIVRE E NADO ATADO.....	34
5.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	34
6	RESULTADOS	37
7	DISCUSSÃO	42
8	CONCLUSÃO	46
9	REFERÊNCIAS	47
10	ANEXO I	58

1 INTRODUÇÃO

O consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$) pode ser caracterizado como a taxa máxima de captação, transporte e utilização do oxigênio (O_2) alcançada para um determinado exercício, bem como pela falha no aumento do consumo de O_2 , apesar do aumento da taxa de trabalho (WASSERMAN *et al.*, 1994). O conceito foi originalmente apresentado por Hill e Lupton (1923) para sessões de corrida em pista, realizadas a velocidades crescentes e em dias separados. Mais tarde, protocolos realizados no mesmo dia, mas com intervalos de descanso entre os testes, apresentaram valores semelhantes para $\dot{V}O_{2max}$, confirmando a possibilidade da sua determinação em apenas um dia de testes (DIXON; FAULKNER, 1971). Posteriormente, estudos utilizando protocolos de teste progressivos contínuos, com aumentos crescentes de carga em intervalos de tempos específicos (p.ex., a cada três minutos) revelaram resultados para $\dot{V}O_{2max}$ semelhantes aos testes intermitentes (MAKSUD; COUTTS, 1971).

Além do $\dot{V}O_{2max}$, parâmetros submáximos têm sido recomendados como uma importante variável para avaliação e prescrição de treinamento em atletas (BENTLEY *et al.*, 2007), já que parâmetros máximos comumente obtidos a partir do teste progressivo como $\%FC_{max}$, $\%\dot{V}O_{2max}$ e $\%\dot{V}O_{2pico}$, apresentam-se como inadequados para produzir respostas fisiológicas semelhantes entre os indivíduos (LANSLEY *et al.*, 2011). De entre os parâmetros submáximos, a utilização dos limiares fisiológicos para prescrição da intensidade apresentou menor variabilidade interindividual quando comparadas com a prescrição feita a partir do $\dot{V}O_{2max}$ (BALDWIN; SNOW; FEBBRAIO, 2000). Desse modo, a utilização desses limiares, mais especificamente o limiar de permuta gasosa (GET) e o ponto de compensação respiratório (PCR), são frequentemente utilizados para demarcar ou estimar os limites entre os domínios de intensidade (POOLE; JONES, 2005) de treinamento, podendo, dessa forma, o teste progressivo aferir as intensidades de exercício às quais esses limiares ocorrem, o que irá contribuir positivamente para o trabalho de prescrição de treino.

Dessa forma, o teste progressivo surgiu como uma ferramenta eficaz para definir tantos os limiares fisiológicos como o $\dot{V}O_{2max}$ dos atletas, servindo então para aferir os domínios de intensidade de exercício e dessa forma contribuir para a prescrição de treinamento (POOLE; JONES, 2005). Nesse sentido, os protocolos tipo rampa oferecem um meio de superar algumas das limitações (como a redução

do $\dot{V}O_{2max}$, ventilação pulmonar por minuto (VE) e lactato sanguíneo) dos protocolos incrementais padrões, por evitar alterações súbitas no recrutamento da unidade motora neuromuscular ou alterações metabólicas associadas a protocolos progressivos descontínuos, empregando um aumento constante e contínuo do trabalho externo (MYERS et al., 1991). Assim, os protocolos tipo rampa mostram-se mais favoráveis para uma melhor obtenção dos parâmetros máximos e submáximos dos atletas, contribuindo para uma melhor prescrição de treinamento, ao mesmo tempo que surgem como uma alternativa de protocolo mais rápida e de fácil aplicação.

Durante o teste progressivo, a resposta do $\dot{V}O_{2max}$ é tradicionalmente analisada em função do aumento constante do $\dot{V}O_2$ até o momento que ele se estabiliza e alcança um platô discernível. No entanto, existem controvérsias (NOAKES, 2008) em relação a utilização de um platô para a definição de $\dot{V}O_{2max}$, já que ele está frequentemente ausente durante testes contínuos com aumentos de cargas a cada estágio (DAY et al., 2003) ou em testes utilizando alterações na inclinação da esteira (DAY et al., 2003). Para isso, tem-se sugerido a realização de um teste de confirmação com taxa de trabalho constante, após o teste progressivo, para constatar se o pico de $\dot{V}O_2$ ($\dot{V}O_{2pico}$) não será ultrapassado (DAY et al., 2003; POOLE; WILKERSON; JONES, 2008; POOLE; JONES, 2017). Day et al. (2003) utilizando o teste de confirmação a 90% da $\dot{V}O_{2pico}$, alcançada em teste progressivo tipo rampa (com limite de tolerância de 4-10 minutos), demonstrou que o $\dot{V}O_{2pico}$ não diferiu do $\dot{V}O_{2max}$. Além disso, sete tentativas para o teste de confirmação resultaram em $\dot{V}O_{2pico}$ 3% inferior a $\dot{V}O_{2max}$, o que implica que a taxa de trabalho de verificação deve ser selecionada com cautela para garantir que a intensidade não seja extrema (MIDGLEY et al., 2009). Contudo, não há conhecimento de quaisquer estudos que tenham utilizado o teste de confirmação para avaliar se o $\dot{V}O_{2pico}$ observado durante os testes progressivos em natação, tanto para o nado livre como para o atado representam, de fato, o $\dot{V}O_{2max}$ obtido.

Além disso, há muito que se sabe que os resultados obtidos para o $\dot{V}O_{2max}$ dependem do tipo de protocolo escolhido (TAYLOR; BUSKIRK; HENSCHERL, 1955), por conseguinte, é importante avaliar os atletas pensando em protocolos que correspondam à especificidade do esporte praticado. Por exemplo, nadadores atingem valores mais elevados de $\dot{V}O_{2max}$ em comparação com os triatletas quando realizam um teste progressivo utilizando o nado livre até à exaustão, enquanto os

triatletas atingem um valor mais elevado quando testados em cicloergômetro (ROELS, 2005).

A maioria dos protocolos destinados a avaliar o $\dot{V}O_{2max}$ no nado livre apresentam protocolos intermitentes e com duração de estágios acima de um minuto, já que eram realizadas com distancias fixas que variavam de 200m a 400m (BENTLEY et al., 2005; PESSÔA FILHO, et al., 2012, FERNANDES et al., 2012; ALMEIDA et al., 2021), apresentando valores de $\dot{V}O_{2max}$ de 46 - 64 ml×kg⁻¹×min⁻¹ (MAGEL et al., 1975; ROELS et al., 2005; FERNANDES et al., 2008; ESPADA et al., 2015; ALMEIDA et al., 2021) de acordo com as diferenças de sexo, nível de desempenho, especificidade do treinamento e método de tratamento de amostra do $\dot{V}O_2$. Entretanto, a avaliação do $\dot{V}O_{2max}$ em nado livre, apresenta alguns desafios que tornam sua execução trabalhosa, já que para além da necessidade de ser realizado na piscina, a maioria dos protocolos normalmente utilizam longas distâncias e longos períodos de realização, fatores que podem dificultar a análise de certos parâmetros fisiológicos, além de aumentar significativamente a exigência de execução para os nadadores e pesquisadores.

Nesse sentido, o protocolo tipo rampa apresenta-se como uma alternativa mais simples e rápida de ser reproduzida, já que os incrementos de carga acontecem em intervalos menores de tempo. Além disso, Pessôa Filho et al. (2017) utilizando a condição de nado atado, especificamente aplicando o protocolo tipo rampa, apresenta resultados sobre as respostas máximas e submáximas para a avaliação de atletas em nado atado, que poderá respaldar a comparação de valores utilizando o protocolo tipo rampa em nado atado e nado livre, já que curiosamente, a avaliação do $\dot{V}O_{2max}$ e dos limiares em nadadores utilizando protocolo tipo rampa para o nado livre ainda não foi proposta.

Dessa forma, a utilização do teste progressivo tipo rampa para a determinação de parâmetros máximos como o $\dot{V}O_{2pico}$ e $\dot{V}O_{2max}$, e submáximos como o GET e PCR, bem como suas respectivas intensidades de nada, pode ser uma importante ferramenta de avaliação e para a prescrição de programas de treinamento planejados de acordo com as necessidades e objetivos dos atletas e, além de tudo, eficientes quanto à aplicabilidade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os principais conceitos e estudos relacionados com a avaliação da aptidão aeróbia em nadadores são apresentados a seguir, o que inclui analisar as respostas dos principais parâmetros ou índices de condicionamento ($\dot{V}O_{2max}$ e limiares fisiológicos do esforço progressivo), os tipos de protocolos de avaliação utilizados e valores encontrados, as diferenças entre as situações nado livre e nado atado em testes progressivos e a aplicação dos resultados para a definição dos domínios de intensidade.

2.1 ÍNDICES FISIOLÓGICOS DURANTE TESTE PROGRESSIVO

No esporte, a demanda energética exigida pelo início de cada exercício cria repentinamente um estado de desequilíbrio entre a energia que já está disponível nas células musculares para o exercício e aquela exigida pelo nível e duração do esforço. Dos três sistemas de energia capazes de converter a energia contida nos alimentos que ingerimos em trifosfato de adenosina (ATP), substrato necessário para energizar todas as contrações musculares, DiMenna e Jones (2009) consideraram o sistema aeróbio, que envolve a ressíntese de ATP via fosforilação oxidativa, como a predominante.

O início de qualquer exercício físico aciona os sistemas cardiorrespiratório e muscular permitindo um suprimento de O_2 às mitocôndrias musculares a fim de promover a respiração aeróbia e a produção de energia necessária para suprir as demandas energéticas de cada exercício (XU; RHODES, 1999; JONES; POOLE, 2005). A habilidade/velocidade com que um indivíduo pode responder a essas demandas energéticas certamente influenciará seu desempenho e sucesso esportivo, o que enaltece a importância que tem sido dada à avaliação do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) como aspecto determinante do desempenho humano e na pesquisa contemporânea em ciências do esporte, uma vez que permite um melhor entendimento da bioenergética humana (JONES; BURNLEY, 2009).

O conceito de $\dot{V}O_{2max}$, em humanos, foi inicialmente proposto por Hill e Lupton em 1923, que, testando o $\dot{V}O_2$ em várias intensidades de corrida, propuseram o conceito de $\dot{V}O_{2max}$ durante o exercício. Os autores descobriram que a taxa de ingestão de oxigênio por minuto devido ao exercício aumenta à medida que a velocidade aumenta, atingindo um máximo para velocidades acima de cerca de 260 metros por minuto. Porém, quando a velocidade foi aumentada além deste limite

nenhum aumento adicional na captação de oxigênio foi observado, embora a demanda estimada de oxigênio para suprir as necessidades energéticas do organismo continuasse a aumentar, sugerindo que o coração, os pulmões, a circulação e a difusão de oxigênio para as fibras musculares ativas atingiram suas velocidades máximas de atividade, definindo assim os limites de sistema cardiorrespiratório.

Os componentes desse mecanismo estão diretamente relacionados ao produto do débito cardíaco (Q) e a diferença entre a quantidade de O_2 arteriovenosa no nível capilar ($a-vO_2\text{diff}$) (BASSETT; HOWLEY, 2000), que representam tanto: 1) fatores centrais (Q), relacionados com a difusão do O_2 do meio externo para a oxigenação do sangue arterial e posteriormente transporte para o tecido muscular, como; 2) periféricos ($a-vO_2\text{diff}$), relacionados aos diversos mecanismos necessários para transportar o O_2 do sangue para a mitocôndria, auxiliando na produção de adenosina trifosfato (ATP) (LEVINE, 2008). Para explicar a existência dos limites alcançados durante exercício, Xu e Rodes (1999) propuseram duas hipóteses opostas: uma delas sugere que a taxa de aumento do $\dot{V}O_2$ no início do exercício é limitada pela capacidade de fornecimento de O_2 ao músculo ativo; a outra sugere que é a habilidade de utilização de O_2 muscular no exercício que atua como fator limitante. Para Jones e Carter (2000), é atualmente aceito que o $\dot{V}O_{2\text{max}}$ é limitado pela taxa à qual o O_2 pode ser fornecido aos músculos e não pela capacidade do músculo de extrair O_2 do sangue que recebe. Não obstante, este ainda é um problema em aberto.

Dessa forma, a medição do $\dot{V}O_{2\text{max}}$, durante exercícios que exijam a ativação máxima do metabolismo oxidativo, é uma avaliação precisa da aptidão aeróbia do indivíduo, já que integra os sistemas cardiovascular e respiratório, além de respostas metabólicas (SÁNCHEZ; SOSA; ACEVEDO, 2000; JONES; CARTER, 2000; WASSERMAN; WHIPP, 1975).

De acordo com Bentley et al. (2007) embora seja importante quantificar o $\dot{V}O_{2\text{max}}$, esta é uma variável não tão eficaz em termos de prescrição ou monitoramento dos efeitos do treinamento em atletas. Portanto, outras variáveis fisiológicas máximas ou submáximas devem, também, ser quantificadas em conjunto com a $\dot{V}O_{2\text{max}}$ com o propósito de prescrever programas de treinamentos efetivos (PESSÔA FILHO *et al.*, 2020). O GET e PCR são dois importantes parâmetros ventilatórios determinados a partir das trocas gasosas, utilizados para delimitar os

limites entre os domínios de intensidade durante a taxa de trabalho constante de exercício (GAESSER; POOLE, 1996; POOLE; JONES, 2017).

O início da acidose metabólica é comumente detectado por um ponto de interrupção da homeostase respiratória ocasionada pelo aumento da produção de $\dot{V}CO_2$ contra a diminuição do $\dot{V}O_2$ acarretado por um aumento desproporcional na produção não metabólica de dióxido de carbono (CO_2), uma consequência do acúmulo de hidrogênio (H^+) e aumento da renovação do ATP citosólico (BERGSTROM *et al.*, 2012; MAGALANG; GRANT, 1995). Esse ponto de interrupção é caracterizado como o GET. O PCR é descrito como o ponto em que os mecanismos de controle do equilíbrio ácido-básico perdem a capacidade de tamponar a produção de ânions, causando um aumento no acúmulo de H^+ , indicando um aumento concomitante no lactato sanguíneo e H^+ maior do que a taxa de eliminação (BEAVER; WASSERMAN; WHIPP, 1986; CASABURI *et al.*, 1991).

2.1.1 PARÂMETROS DE INTENSIDADE DURANTE O TESTE PROGRESSIVO E SUAS APLICAÇÕES

Os programas de treinamento utilizados por atletas têm como objetivo promover mudanças metabólicas e fisiológicas, permitindo que estes sejam capazes de melhorar o seu desempenho durante os treinos e competições. Dessa forma, o controle de intensidades durante os treinos é essencial para que as mudanças sejam benéficas aos atletas. Entretanto, os parâmetros mais utilizados, obtidos a partir do teste progressivo como $\%FC_{m\acute{a}x}$, $\%\dot{V}O_{2pico}$ e $\%\dot{V}O_{2max}$, apresentam-se como inadequados para produzir respostas fisiológicas semelhantes entre os indivíduos (LANSLEY *et al.*, 2011), já que uma grande variabilidade para as respostas metabólicas (concentração de lactato sanguíneo e cinética do consumo de O_2) foi encontrada quando a intensidade do exercício é determinada a partir de parâmetros máximos (BALDWIN, SNOW, FEBBRAIO, 2000; SCHARHAG-ROSENBERGER *et al.*, 2010).

No estudo de Baldwin, Snow e Febbraio (2000), a utilização da prescrição de treinamento a uma intensidade de 70% do $\dot{V}O_{2max}$ resultou em concentrações mais altas de lactato em indivíduos não treinados em comparação com indivíduos treinados. Além disso, uma maior variabilidade interindividual para respostas fisiológicas e esforço perceptivo foi evidente ao prescrever a intensidade do

exercício em relação ao $\dot{V}O_{2max}$ em comparação com a prescrição da intensidade do exercício em relação à taxa média de trabalho associada ao limiar de permuta gasosa (LANSLEY et al., 2011). Dessa forma, atribuir a intensidade do exercício com base na $\% \dot{V}O_{2max}$, por exemplo, pode provocar respostas heterogêneas entre os participantes, fazendo com que se torne complicada a aplicação e interpretação precisa da avaliação e prescrição de exercícios aeróbios (MURGATROYD et al., 2014).

A utilização de parâmetros submáximos tem sido defendida como forma de avaliação e prescrição de intensidades (MANN; LAMBERTS; LAMBERT, 2013). Esses métodos baseiam-se nas respostas do ar expirado e do lactato sanguíneo, ou na suposta depleção da capacidade anaeróbia, para serem estabelecidos (JAMNICK et al., 2020). Esses parâmetros podem ser utilizados para a definição das zonas/níveis de treino, bem como para a definição dos domínios de intensidade, mas que diferem em relação a sua definição, já que diferentemente das zonas/níveis, que são definidos por $\%FC_{max}$, $\% \dot{V}O_{2max}$, concentrações absolutas de lactato ou parâmetros submáximos, os domínios de intensidade são definidos por suas distintas perturbações homeostáticas (ou seja, cinética do $\dot{V}O_2$ e resposta do lactato sanguíneo) (BURNLEY, JONES; 2007). Sendo assim, a partir da utilização desses parâmetros, quatro domínios de intensidades foram definidos: moderado, pesado, severo e extremo.

Durante o exercício moderado, que engloba intensidades de exercício abaixo do limiar de lactato (LL), as fibras musculares do tipo I são predominantemente recrutadas, o ATP é produzido exclusivamente por meio do turnover de ATP mitocondrial, os níveis de lactato sanguíneo e muscular permanecem na linha de base e o $\dot{V}O_2$ atinge uma fase estável após 2-3 min (JAMNICK et al., 2020). Nos exercícios pesados, situados entre o LL e a potência crítica (PC) as fibras musculares do tipo I e IIa são recrutadas, o ATP é produzido através do turnover do ATP mitocondrial e citosólico, o lactato sanguíneo é elevado, mas estável ao longo do tempo e um componente lento do $\dot{V}O_2$ é evidente, que se superpõe ao aumento rápido inicial e conduz tardiamente à estabilidade. Neste domínio, o $\dot{V}O_2$ estabiliza em um valor submáximo após aproximadamente 10-20 min (BURNLEY, JONES; 2007; CARITÁ et al., 2014; JAMNICK et al., 2020).

Para o exercício severo, situado entre a PC e o $\dot{V}O_{2max}$, as fibras musculares do tipo I, IIa e IIx são recrutadas, o ATP é produzido através da renovação do ATP mitocondrial e citosólico e através de uma depleção contínua dos estoques de

fosfocreatina (PCr), que resultam no aumento contínuo da captação de O_2 até a cessação do exercício. O recrutamento de fibras musculares menos eficientes do tipo IIa e IIx promove o aumento da amplitude do componente lento do $\dot{V}O_2$, existindo um aumento adicional na ventilação (isto é, hiperventilação) devido ao aumento da produção de CO_2 não metabólico. Por último, a produção de lactato intramuscular excede a oxidação de lactato (BURNLEY; JONES, 2007; JAMNICK *et al.*, 2020). Por fim, para exercícios no domínio intensidade extremo, o $\dot{V}O_2$ não se consegue estabilizar continuando a aumentar até o ponto de fadiga, podendo ou não atingir o seu valor máximo (GASTIN, 2001). De acordo com Reis *et al.* (2018), o exercício de alta intensidade que é realizado neste domínio não poderia sequer permitir que o $\dot{V}O_{2max}$ ou a FC_{max} fossem atingidos, visto que o aumento rápido e descontrolado da concentração de lactato, bem como a queda repentina do pH sanguíneo, levará à exaustão do indivíduo.

No entanto, mesmo que suas definições não sejam obtidas a partir de parâmetros submáximos, eles são frequentemente utilizados para demarcar ou estimar os limites entre os domínios. Alguns limiares identificáveis durante um teste progressivo demarcam a transição de intensidade de exercício e, de acordo com Poole e Jones (2005), os limites fisiológicos que separam as várias intensidades são as seguintes: o 1º limiar ventilatório ou GET, que delimita as intensidades de exercício moderado e pesado, no qual o exercício pode ser mantido por 20 a 30 minutos; o 2º limiar ventilatório ou PCR, delimitando as intensidades de exercício pesado e severo, com a ventilação a aumentar significativamente e o exercício chegando ao fim com a exaustão do sujeito; e o $\dot{V}O_{2max}$ que caracteriza os limites do exercício de intensidade severa e extrema, no qual o exercício se encerrará rapidamente devido ao esgotamento físico do indivíduo.

Assim sendo, a validação da utilização de limiares para a definição dos domínios pode ser estabelecida determinando se o exercício em relação a esses parâmetros produz perturbações homeostáticas distintas e homogêneas (ou seja, específicas do domínio), independentemente do nível de aptidão de um indivíduo (JAMNICK *et al.*, 2020), possibilitando a caracterização dos domínios a partir das respostas metabólicas obtidas, um método eficaz para normalizar a intensidade do exercício entre os indivíduos. Sabe-se que combinação adequada de duração, intensidade e frequência da sessão de treinamento, quando realizada por um período de tempo suficiente, leva a uma melhora dos parâmetros da função aeróbia,

incluindo $\dot{V}O_{2max}$, economia ou eficiência do exercício, LL, PC e perfil oxidativo (BURNLEY; JONES, 2007).

A melhora dos parâmetros citados acima estão diretamente relacionados com maiores tolerâncias nos diferentes domínios de intensidade, seja pelo atraso no desenvolvimento de um componente lento do $\dot{V}O_2$, por maiores sustentações de estados estáveis nas trocas gasosas pulmonares e no estado ácido-base do sangue, como pela redução da necessidade de $\dot{V}O_2$ para se exercitar em uma determinada velocidade de corrida ou potência (COYLE, 2005; JONES, 2006; BURNLEY; JONES, 2007), com estudos demonstrando que o componente lento de $\dot{V}O_2$ é significativamente atenuado após apenas algumas semanas de treinamento (JONES; CARTER., 2000; BERGER et al. 2006).

Dessa forma, a utilização do teste progressivo para a determinação de parâmetros máximos como o $\dot{V}O_{2max}$, e submáximos como o limiar de permuta gasosa e o ponto de compensação respiratório, pode ser uma importante ferramenta de avaliação e prescrição de programas de treinamento que sejam planejados de acordo com o objetivo dos atletas e além de tudo, eficientes quanto as suas adaptações metabólicas e fisiológicas pós treinamento.

2.2 TESTE PROGRESSIVO

O $\dot{V}O_{2max}$ é frequentemente expresso em valores absolutos ($LO_2 \times \text{min}^{-1}$) ou relativos ($\text{ml}O_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$). Para a sua mensuração, diferentes tipos de testes podem ser utilizados, como testes progressivos que utilizem protocolos com análise direta ou indireta, máximos ou submáximos e escalonados ou em rampa (ARENA *et al.*, 2007). Os protocolos mais utilizados são realizados em esteiras ergométricas ou cicloergômetros estacionários, mas com o avanço tecnológico dos analisadores de gases portáteis, diversos protocolos para diferentes modalidades esportivas tornaram a mensuração mais específica para cada esporte (SOUSA *et al.*, 2014; JORGIĆ et al., 2011).

Os protocolos capazes de apresentar em tempo real o nível de aptidão cardiorrespiratória do praticante, através da porcentagem de O_2 consumido e de CO_2 produzido pelo metabolismo celular, utilizam analisadores de gases capazes de quantificar e analisar diretamente o $\dot{V}O_{2max}$ do indivíduo (RIEBE, 2018; MENEGHELO *et al.*, 2010). Por conta disso, as análises diretas fornecem um resultado mais fidedigno, mas possuem um custo alto já que são necessários

equipamentos sofisticados, pessoas especializadas para o seu manuseio e geralmente são realizados em laboratório (LIMA; SILVA; SOUZA, 2005).

Para a análise indireta do $\dot{V}O_{2max}$, utiliza-se a relação linear entre a frequência cardíaca (FC) e o consumo de O_2 durante o exercício, que são medidos através de um sistema informatizado responsável por calcular os principais índices de limitações funcionais cardiorrespiratórios (KRAVCHYCHYN *et al.*, 2015). Entretanto, muito se questiona sobre a precisão dos testes indiretos, tendo em vista que muitas das equações existentes e utilizadas são específicas para grupos pré-determinados (WELTMAN *et al.*, 1989). No entanto, fatores como o curto tempo de duração para os testes, o baixo custo quando comparados as análises diretas e a possibilidade de trabalhar com um grande número de pessoas sem a necessidade de equipamentos sofisticados faz com que a análise do $\dot{V}O_{2max}$ de forma indireta sejam fatores determinantes na sua escolha (THODEN; WILSON; MACDOUGALL, 1982).

Os testes que utilizam cargas de esforço máximo fornecem uma estimativa mais precisa sobre a capacidade aeróbia do indivíduo, além de permitir diagnosticar possíveis distúrbios coronarianos, principalmente se a avaliação em questão está sendo realizada em indivíduos com problemas cardíacos (MENEGHELO *et al.*, 2010). Entretanto, por expor o avaliado a condições de risco, os testes realizados com cargas de esforço máximo devem ser executados em laboratórios clínicos e obrigatoriamente com a presença de um médico durante a avaliação para atender eventuais emergências (DE SUTTER; VAN DE VEIRE; ELEGEERT, 2006)

Em contrapartida, os testes submáximos, embora não apresentem respostas fisiológicas idênticas ao teste máximo, no geral oferecem menor risco ao avaliado e não necessitam da presença de um médico para a sua realização (MENEGHELO *et al.*, 2010). Os valores obtidos baseiam-se numa extrapolação da taxa de trabalho alcançada em uma dada FC submáxima em relação à FC_{max} prevista pela idade, terminando antes que a FC_{max} seja alcançada (ARENA *et al.*, 2007; RIEBE *et al.*, 2018).

Independente da escolha do teste, recomenda-se a preferência de protocolos que utilizem grandes grupamentos musculares, uma carga de trabalho que possa ser quantificada e reproduzida e que sua realização utilize movimentos que façam parte do cotidiano do avaliado ou da especificidade do atleta (ÅSTRAND *et al.*, 1964). A escolha de um protocolo de teste de exercício apropriado para avaliar a capacidade funcional é de suma importância, especialmente quando a capacidade aeróbia deve ser estimada a partir do tempo de exercício ou tempo/taxa de pico de

trabalho. Estes, devem sempre levar em consideração as condições específicas do indivíduo, de tal forma que as cargas utilizadas sejam aplicadas de acordo com a capacidade individual de cada avaliado, tendo como objetivo terminar o esforço com um tempo ideal de 10 minutos, com variações entre 8 a 12 minutos (ARENA *et al.*, 2007). Para isso, são utilizados diferentes protocolos como o escalonado de cargas crescentes ou protocolos de rampa.

Os protocolos escalonados têm como característica o incremento de menor ou maior intensidade a cada um ou mais minutos, apresentando o estado estável em cargas mais baixas, permitindo uma melhor avaliação do $\dot{V}O_2$ para cada carga (BELTZ *et al.*, 2016). Os protocolos classificados como os de rampa utilizam estágios de curta duração, com variação de 10 a 60 segundos, com uma razão constante de incrementos (ARENA *et al.*, 2007). Esse tipo de protocolo não apresenta o estado estável devido ao curto período de tempo entre as cargas, mas possui uma maior precisão para identificar limiares (MYERS *et al.*, 1991), além de permitir uma maior individualização e adaptação do protocolo às condições do paciente (RIEBE *et al.*, 2018; ARENA *et al.*, 2007).

Durante o teste progressivo a resposta do $\dot{V}O_{2max}$ é comumente analisada em função do aumento constante até o momento em que ele se estabiliza mesmo apesar de novos incrementos de carga, sendo determinado assim o valor de $\dot{V}O_{2max}$ (HOWLEY; BASSETT; WELCH, 1995). O conceito de que a medição de um platô de $\dot{V}O_{2max}$ é um parâmetro quantificável e reproduzível da capacidade do sistema cardiorrespiratório de fornecer oxigênio ao máximo foi repetido o suficiente para alcançar uma aceitação quase universal (HAWKINS *et al.*, 2007).

No entanto, apesar da clareza do conceito de platô observada em testes progressivos máximos em esteira ou cicloergômetro, Howley *et al.* (1995) propuseram uma variedade de critérios secundários para caracterizar o consumo de oxigênio medido nos últimos minutos do teste progressivo, a fim de confirmar o esforço como máximo, uma vez que os autores afirmaram que não é incomum que alguns sujeitos não demonstrem claramente um platô do $\dot{V}O_2$. Esses critérios secundários incluem níveis elevados de concentração de lactato no sangue ($\geq 8\text{mM}$), coeficiente respiratório elevada (> 1.00 , 1.10 ou 1.15) e o alcance de uma porcentagem elevada de FC_{max} estimada para a idade dos indivíduos (≤ 10 batimentos/min ou 5% da idade máxima prevista para $220 - \text{idade}$) (HOWLEY *et al.*, 1995; MIDLEY *et al.*, 2009; POOLE *et al.*, 2008). Entretanto, os achados de Poole, Wilkerson e Jones (2008) mostraram que os critérios de $FC_{m\acute{a}x}$ e valores de lactato

eram insustentáveis, porque poderiam resultar na rejeição do $\dot{V}O_{2max}$ de participantes que realmente haviam atingido exaustão máxima em teste progressivo.

Dessa forma, já que não são todos os indivíduos que exibem um platô discernível do $\dot{V}O_{2max}$ antes da exaustão (DAY *et al.*, 2003; ROSSITER; KOWALCHUK; WHIPP, 2006) e que os critérios secundários apresentam resultados não muito confiáveis (WILKERSON; JONES, 2008), devido à grande abrangência de valores que a literatura tem fornecido para estes critérios secundários (POOLE; JONES, 2017), tem se sugerido a implementação de um segundo teste de exercício de confirmação, a uma taxa de trabalho maior àquela alcançada em teste progressivo e realizada de forma constante até a exaustão para comparação dos valores de $\dot{V}O_{2max}$ obtidos. Apesar de ser um recurso com validade para a confirmação do $\dot{V}O_{2max}$ (ASTORINO; WHITE; DALLECK, 2009; BARKER *et al.*, 2011; MIDGLEY; MCNAUGHTON; CARROLL, 2006; WEATHERWAX *et al.*, 2016), há controvérsias em relação a necessidade da sua utilização (MURIAS; POGLIAGHI; PATERSON, 2018).

Para estudos que utilizaram o cicloergômetro como forma de confirmação do $\dot{V}O_{2max}$ obtido em testes progressivos máximos, as velocidades utilizadas variam de 95 – 115% do pico da taxa de trabalho (W_{max}) (ROSSITER *et al.*, 2006; ASTORINO; WHITE; DALLECK, 2009) ou com base no maior valor de O_2 obtido em dois testes progressivos (NIEMELÄ *et al.* 1980), com estudos que realizaram o teste de CONF variando de 5 minutos a 24 horas após a obtenção do $\dot{V}O_{2max}$ em adultos jovens treinados e sedentários (ROSSITER *et al.*, 2006; ASTORINO; WHITE; DALLECK, 2009; NIEMELÄ *et al.* 1980). Para os estudos realizados em cicloergômetro, a utilização de um teste de confirmação para a comparação dos valores de $\dot{V}O_{2max}$ obtidos em testes progressivos não apresentaram diferença significativa entre eles (ROSSITER *et al.*, 2006; ASTORINO; WHITE; DALLECK, 2009; NIEMELÄ *et al.* 1980).

Weatherwax *et al.* (2016), utilizando a esteira para a obtenção da confirmação dos valores de $\dot{V}O_{2max}$ obtido em protocolo progressivo tipo rampa, a velocidades de 0.64 e 0.48 $km \times h^{-1}$ para homens e mulheres, respectivamente, acima das velocidades atingidas no final do teste progressivo, também não apresentaram diferença significativa entre eles para atletas de elite de endurance de ambos os sexos. Midgley *et al.* (2006) também utilizando a esteira e realizando o teste de confirmação a uma velocidade de 0.5 km/h maior que a obtida no final do teste

progressivo tipo rampa, também não observou diferenças significativas entre as comparações dos resultados obtidos em atletas de corrida do sexo masculino.

Na natação, utilizando o nado livre com o objetivo de comparar as respostas metabólicas e cinéticas de $\dot{V}O_{2max}$ em velocidades constantes a 100 e 105% do $\dot{V}O_{2max}$ obtido em teste incremental, Sousa et al. (2014) não encontraram diferenças significativas em ambas as intensidades quando comparadas com os valores de $\dot{V}O_{2max}$ obtidos em testes incrementais. Entretanto, a aplicação de um teste de confirmação para a comparação de valores obtidos em teste progressivo máximo não foi observada na natação, seja em nado livre e nado atado.

2.2.1 PROTOCOLOS PROGRESSIVOS EM NADO LIVRE E NADO ATADO

Na natação, diferentes protocolos foram desenvolvidos para determinar com precisão o $\dot{V}O_{2max}$. Astrand e Saltin (1961) apresentaram um dos primeiros estudos envolvendo a análise do $\dot{V}O_{2max}$ utilizando um analisador de gases transportado dentro de uma bolsa ao longo de toda a borda da piscina para a obtenção dos dados num teste de nado livre. Desde então, tornou-se uma forma de análise alternativa observar a demanda oxidativa na natação e determinar a aptidão aeróbia de nadadores (COSTILL *et al.*, 1985). Com o aprimoramento da tecnologia respiração a respiração dos espirômetros atuais, testes progressivos padronizados foram propostos para avaliar a aptidão dos atletas em natação (FERNANDES *et al.*, 2011), além de fornecer condições ecológicas de nado (JORGÍC *et al.*, 2011; AMARO *et al.*, 2014).

Lavoie e Montpetit (1986), destacaram a importância de um teste específico para a natação, já que a maior parte da massa muscular envolvida nos movimentos realizados na modalidade difere da demanda de massa muscular necessária para os testes existentes. Estudo recente destaca que a utilização de protocolos específicos para a natação apresentou valores de $\dot{V}O_{2max}$ relativamente maiores quando comparados com outros ergômetros, demonstrando a importância da condição ecológica na escolha dos testes (SOUSA *et al.*, 2014). Pensando nisso, protocolos específicos para a análise da aptidão aeróbia de nadadores podem ser realizados utilizando o nado livre e atado, por exemplo.

Os protocolos realizados em nado livre para avaliar o $\dot{V}O_{2max}$ geralmente utilizam protocolos intermitentes e com duração de estágios acima de um minuto, já que eram realizadas com distâncias fixas que variavam de 200m a 400m (BENTLEY

et al., 2005; PESSOA FILHO, et al., 2012, FERNANDES et al., 2012; ALMEIDA et al., 2021), com valores de $\dot{V}O_{2max}$ que variam de 46 - 64 ml×kg⁻¹×min⁻¹ (MAGEL et al., 1975; ROELS et al., 2005; FERNANDES et al., 2008; ESPADA et al., 2015; ALMEIDA et al., 2021), de acordo com as diferenças de sexo, nível de desempenho, especificidade do treinamento e método de tratamento de amostra do $\dot{V}O_2$. Já o canal de nado, quando usado como ergômetro, apresenta patamares com duração de 30s a 60s e os valores de $\dot{V}O_{2max}$ encontrados foram de 50 a 54 ml×kg⁻¹×min⁻¹ (BONEN et al., 1980; NOMURA, 1988; WAKAYOSHI et al., 1995; DEMARIE et al., 2001).

Já em condição atada, os protocolos progressivos máximos têm como característica a fixação da posição corporal na água por meio de um fio inelástico que, atrelado a um sistema de pesos ou célula de carga, impedem o deslocamento na água causada pela propulsão de braçada do nadador (DOPSAJ; IVICA MATKOVI; IVAN ZDRAVKOVIĆ, 2000; YEATER *et al.*, 1981). Durante o teste, os incrementos de carga aumentam gradualmente em intervalos de tempo determinados, começando com 30 até 100% do valor médio da força máxima atada (PAPOTI *et al.*, 2013; PESSÔA FILHO *et al.*, 2017; PINNA *et al.*, 2013). Dessa forma, a condição atada de nado não impõe restrições aos movimentos de braços e pernas, ainda que o padrão técnico da braçada possa sugerir diferenças entre as condições de nado.

Em relação a utilização do nado atado como ergômetro, os seus patamares apresentam tempos de duração com variações de 30s a 240s (BONEN et al., 1980, KIMURA et al., 1990; PINNA et al., 2013, PAPOTI et al., 2013) e reportaram valores de $\dot{V}O_{2max}$ de 40 - 67 ml×kg⁻¹×min⁻¹ (KIMURA et al., 1990; PAPOTI et al., 2013; PINNA et al., 2013; PESSÔA FILHO et al., 2017; PESSOA FILHO et al., 2020). Pessôa Filho et al. (2017), utilizando um protocolo tipo rampa semelhante ao apresentado no presente estudo, com intensidade da carga variando 5% a cada minuto, entre 30-100% do valor médio da força atada máxima, apresentou valores de 51.7 ± 5.2 e 44.4 ± 5.8 ml×kg⁻¹×min⁻¹ para homens e mulheres, respectivamente.

Para estudos utilizando nadadores bem treinados, representando a mesma amostra utilizada no presente estudo, os valores médios de $\dot{V}O_{2max}$ foram de 55.6 ± 6.4 ml×kg⁻¹×min⁻¹ (REIS et al., 2012) e 56.0 ± 6.0 ml×kg⁻¹×min⁻¹ (REIS et al., 2012) para homens e média de 55.7 ± 5.8 ml×kg⁻¹×min⁻¹ (BENTLEY et al., 2005) para homens e mulheres, para o nado livre. Para o nado atado, os valores médios de $\dot{V}O_{2max}$ encontrados para uma amostra semelhante foram de 49.4 ± 6.3 ml×kg⁻¹×min⁻¹

¹ (PESSÔA FILHO et al., 2017) e $51.1 \pm 10.0 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$ (PAPOTI et al., 2013) para indivíduos de ambos os sexos.

A literatura demonstra evidências que comprovam que as particularidades do ciclo gestual dos diferentes contextos de nado não forneceriam vantagem fisiológica ao nado atado em comparação com o nado livre ou canal de nado (BONEN *et al.*, 1980). Ainda, valores de $\dot{V}O_{2\text{max}}$ também obtidos em nado atado, não diferem de valores reportados em canal de nado, tampouco de valores reportados em nado livre (BONEN *et al.*, 1980), porém são maiores que valores reportado em testes inespecíficos, como em ergômetros de braço ou perna e em esteira (BONEN *et al.*, 1980; PINNA *et al.*, 2013).

Em relação a determinação dos limiares ventilatórios e os primeiros estudos utilizando exercícios terrestres, Whipp et al. (1981) desenvolveram um teste progressivo em cicloergômetro no qual a taxa de trabalho era aumentada em intervalos curtos de tempo, ao contrário dos testes de incremento longo, nos quais os aumentos de estágios aconteciam em intervalos mais prolongados. A partir do teste desenvolvido, denominado tipo rampa, foi possível o delineamento claro da região isocápnica, que separou dois limiares que poderiam ser identificados a partir das trocas gasosas e dados ventilatórios durante o teste progressivo, sendo eles o limiar de permuta gasosa e o ponto de compensação respiratório. A partir desses pequenos incrementos na taxa de trabalho, a determinação desses limiares se tornou aspecto importante para a avaliação e prescrição de exercícios, já que ambos os parâmetros servem como limites inferior e superior para o domínio de intensidade pesada (JONES; POOLE, 2005; STANULA et al., 2014; WHIPP; WASSERMAN, 1972). Logo, um teste de incremento rápido com pequenos aumentos de taxa de trabalho mostra-se eficiente para a prescrição de treinamento em domínios específicos e, portanto, não é surpreendente que variações deste protocolo em cicloergômetro sejam usadas no ambiente atlético, clínico e de pesquisa. No entanto, os atletas devem ser testados em seu modo específico de exercício e isso é particularmente o caso para nadadores (PINNA et al., 2013).

Para os valores médios dos limiares obtidos em testes utilizando a esteira ou o cicloergômetro, estudo pioneiros sugerem que o GET e PCR, quando determinados por trocas gasosas pulmonares, estariam em torno de 55% e 75% do $\dot{V}O_{2\text{max}}$ com algumas variações entre os exercícios (REINHARD et al., 1979; BEAVER et al., 1986; WHIPP et al., 1989). No entanto, uma variação ($\pm 15\%$) foi associada a ambos devido aos diferentes critérios de determinação (DAVIS et al.,

1976; CAIOZOO et al., 1982; AMANN; SUBUDHI; FOSTER, 2004; BINDER et al., 2008) como características do protocolo, nível de treinamento, habilidade, sexo e idade (DAVIS et al., 1976; SCHEURMANN; KOWALCHUK, 1998; BENTLEY et al., 2007; WHIPP, 2007). Para a natação, os índices submáximos GET e PCR seguem a mesma tendência para os exercícios terrestres apresentados anteriormente.

No nado livre, os testes utilizados para a determinação dos parâmetros máximos e submáximos utilizam protocolos intermitentes, com distâncias que variam de 200-250m e intervalos de tempo de 30-45 segundos entre os estágios (REIS et al., 2012; ESPADA et al., 2015; ALMEIDA et al., 2021), apresentando alguma variação na determinação do GET (65 a 80%) em relação à $\% \dot{V}O_{2max}$ (WAKAYOSHI et al., 1992; REIS et al., 2012; ESPADA et al., 2015). A determinação do PCR, por sua vez, possui valores entre 70 e 90% da $\% \dot{V}O_{2max}$ (WAKAYOSHI et al., 1995; FERNANDES et al., 2011; ESPADA et al., 2015; ALMEIDA et al., 2021). Já para o nado atado, os valores de GET variam de 68 a 75% (PESSÔA FILHO et al., 2012; PESSÔA FILHO et al., 2017; PESSÔA FILHO et al., 2020), enquanto que para o PCR os valores ficam em torno de 85 a 89% (PESSÔA FILHO et al., 2012; PESSÔA FILHO et al., 2017; PESSÔA FILHO et al., 2020), todos em relação a $\% \dot{V}O_{2max}$.

Utilizando especificamente o protocolo tipo rampa para o nado em condição atada, Pessoa Filho et al. (2017) utilizando um protocolo com incrementos de carga de 5% a cada estágio de 60 segundos, foi capaz de determinar tais variáveis como o $\dot{V}O_{2max}$ e os valores de limiares ventilatórios (GET e PCR) dos nadadores. Entretanto, apesar de parecer ser o mais indicado para determinar os índices mais tradicionais da aptidão aeróbia e os demais parâmetros fisiológicos submáximos (MYERS *et al.*, 1991) que podem ser utilizados para definir os domínios de intensidade com base nesses limites fisiológicos, ainda não há evidências da utilização do protocolo tipo rampa para a análise de tais parâmetros para o nado livre.

3 JUSTIFICATIVA

A revisão de literatura aponta para a inexistência de um protocolo tipo rampa em nado livre, sendo os testes progressivos tradicionalmente aplicado em protocolos descontínuos que utilizam longas distâncias e longos períodos de realização, dificultando a ocorrência e, portanto, a análise de índices fisiológicos do exercício progressivo. A literatura carece também de uma comparação fisiológica minuciosa entre o nado atado e o livre para analisa-los enquanto circunstâncias intercambiáveis para a avaliação e treinamento de nadadores. Adicionalmente, foi aplicado um teste de confirmação que teve por intuito de analisar se o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ obtidos em ambos os protocolos de testes progressivos podem representar o $\dot{V}O_{2\text{max}}$ avaliado, fato que até então também não havia sido apresentado na literatura.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVOS GERAIS

No presente estudo, procuramos delinear um protocolo de rampa em nado livre para a avaliação do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$, bem como validar a obtenção de um máximo esforço e máxima resposta oxidativa através da aplicação de um teste de confirmação, comparando com um protocolo similar aplicado em condições de nado atado. Além disso, comparar ambas as condições no que diz respeito às respostas de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ obtidas.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Comparar as condições de nado livre e nado atado quanto as repostas máximas ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$);
- b) Avaliar se o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ obtido em ambos os protocolos de testes progressivos podem representar o $\dot{V}O_{2\text{max}}$ avaliado por um teste de confirmação;
- c) Comparar os protocolos quanto as repostas submáximas (GET e PCR), bem como quanto as respectivas intensidades em valores percentuais a máxima obtida.

5 MÉTODO

5.1 SUJEITOS

Neste estudo participaram oito sujeitos do sexo masculino ($19,4 \pm 5,2$ anos, $181,8 \pm 8,8$ cm e $73,9 \pm 10,4$ kg), que foram submetidos a dois protocolos de testes progressivos máximos em nado livre e atado, para a obtenção dos índices fisiológicos da aptidão aeróbia e dois protocolos de testes constantes (transição repouso-exercício) para a confirmação da resposta do $\dot{V}O_{2max}$, nas respectivas condições de nado, após cada protocolo de teste progressivo. Os nadadores treinavam regularmente há mais de 3 anos, com volume semanal de nado de 30km durante o período geral de treinamento da temporada. A pontuação FINA para o melhor desempenho no nado crawl nos 50, 100 e 200 metros livres foi de 582 ± 91 , 616 ± 92 e 607 ± 93 , respectivamente, com os valores de tempo de $30,17 \pm 1,81$ segundos (s), $67,18 \pm 3,63$ s e $149,35 \pm 7,97$ s, respectivamente. Os participantes (e os seus representantes legais, quando menores de idade) receberam informações sobre os protocolos, preencheram e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Esta pesquisa foi registrada na Plataforma Brasil (CAEE: 02402512.7.0000.5398) e aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual Paulista (UNESP), sob número do parecer: 237.706.

5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A primeira visita para avaliações consistiu na determinação da força máxima pico e média em nado atado, além de um teste de desempenho máximo nos 200 metros em nado livre, após o intervalo de 1 hora. Nas duas visitas seguintes, realizadas de forma aleatória, os nadadores realizaram: 1) um teste progressivo em nado atado, seguido por um teste de carga constante a 105% da intensidade referente ao $\dot{V}O_{2max}$, respeitando-se um intervalo de 1 hora entre os testes; e um teste progressivo em nado livre, que foi sucedido, após 1 hora de intervalo, por um teste constante com velocidade fixada à 105% daquela referente ao $\dot{V}O_{2max}$. Todos os testes foram realizados em nado crawl completo e em piscina semi-olímpica (25m), com a temperatura da água em torno de 28°C. Para evitar diferenças no ciclo circadiano e questões relacionadas com o efeito pré-exercício, todos os testes foram realizados no mesmo período do dia (± 2 horas) e um aquecimento padronizado foi

aplicado previamente a todos os protocolos, composto por 800m em nado crawl em intensidade leve, com o cuidado de evitar qualquer efeito prolongado que pudesse influenciar no resultado dos testes. Todas as visitas foram separadas por intervalos de 24 horas e realizadas durante o período preparatório básico da fase de periodização dos atletas, respeitando-se duas semanas de readaptação ao treinamento.

Um período de familiarização ao nado atado e aos instrumentos de captura de gases (snorkel) foi realizado por uma semana, previamente à aplicação dos testes, com esforços contínuos em diferentes intensidades (moderada a pesada, graduada pela escala de Borg (BORG, 1990) para percepção subjetiva ao esforço), por até 10 minutos, durante a rotina de treinamento habitual. Durante os testes, a permuta gasosa pulmonar foi determinada respiração a respiração, empregando um sistema automatizado portátil (K4^{b2}, Cosmed, Roma, Itália), que foi calibrado antes de cada teste de acordo com as instruções do fabricante e conectado ao nadador por um tubo respiratório especial e sistema de válvulas (snorkel, new AquaTrainer®), anteriormente validado por Baldari et al. (2013). Após o final de cada um dos testes progressivos foi realizada uma coleta de sangue (25 ul) do lóbulo da orelha em tubos de ensaio (Eppendorf) para armazenamento e posterior dosagem da concentração de lactato [La-] (YSL, 2300 STAT, Yellow Springs, Ohio, EUA) nos instantes 1, 3, 5 e 7 minutos e ao 1º minuto após os testes de confirmação. A frequência cardíaca (FC) foi registrada durante o exercício por um frequencímetro (Polar®) acoplado ao snorkel e sincronizado com o sistema K4^{b2}. Para o controle da velocidade no teste progressivo e CONF em nado livre, um marcapasso visual subaquático (Pacer2Swim®, KulzerTEC) foi colocado ao longo do fundo da piscina. Esse sistema, composto por 26 luzes, possibilitou aos nadadores uma noção precisa da velocidade correta a ser seguida para cada etapa do teste progressivo e de confirmação.

5.3 PROTOCOLO PROGRESSIVO EM NADO LIVRE E NADO ATADO

Teste progressivo máximo livre: A velocidade média de nado, durante um esforço máximo de 200 metros, tem sido postulada como uma condição capaz de elevar a resposta do $\dot{V}O_2$ à sua assíntota (ALMEIDA *et al.*, 2020) e, por isso, se pode se constituir em uma referência oportuna ao gerenciamento da intensidade do esforço durante testes progressivos tipo rampa na natação (FERNANDES; VILAS-

BOAS, 2012), dessa forma, os nadadores realizaram um teste de esforço máximo de 200 metros para a determinação das intensidades no teste progressivo. Antes do início do teste progressivo, os nadadores permaneceram em repouso por 10 minutos, sentados na borda da piscina para a obtenção da linha de base do $\dot{V}O_2$. Logo após o repouso, os sujeitos desempenharam um teste progressivo contínuo até a exaustão: 8 x 100m a 60, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100% da velocidade correspondente à tentativa de 200m (V_{200}). O $\dot{V}O_{2max}$ foi calculado como o valor médio de 30s mais alto alcançado durante o teste progressivo (POOLE; WILKERSON; JONES, 2008). A curva de $\dot{V}O_2$ respiração a respiração foi suavizada e obtida a média em intervalos de 6s. Os critérios secundários para a obtenção do $\dot{V}O_{2max}$ foram: (a) coeficiente respiratório (RER) ≥ 1.15 ; (b) FC $\geq 95\%$ da FC máxima ($FC_{max} = 207 - 0.7 \times \text{anos}$, como sugerido por (TANAKA; MONAHAN; SEALS, 2001)); e lactato sanguíneo próximo a $8 \text{ mmol} \times \text{l}^{-1}$. A velocidade correspondente ao $\dot{V}O_{2max}$ ($i\dot{V}O_{2max}$) foi definida como a menor velocidade que elicitou o $\dot{V}O_{2max}$ (DEMARIE *et al.*, 2001).

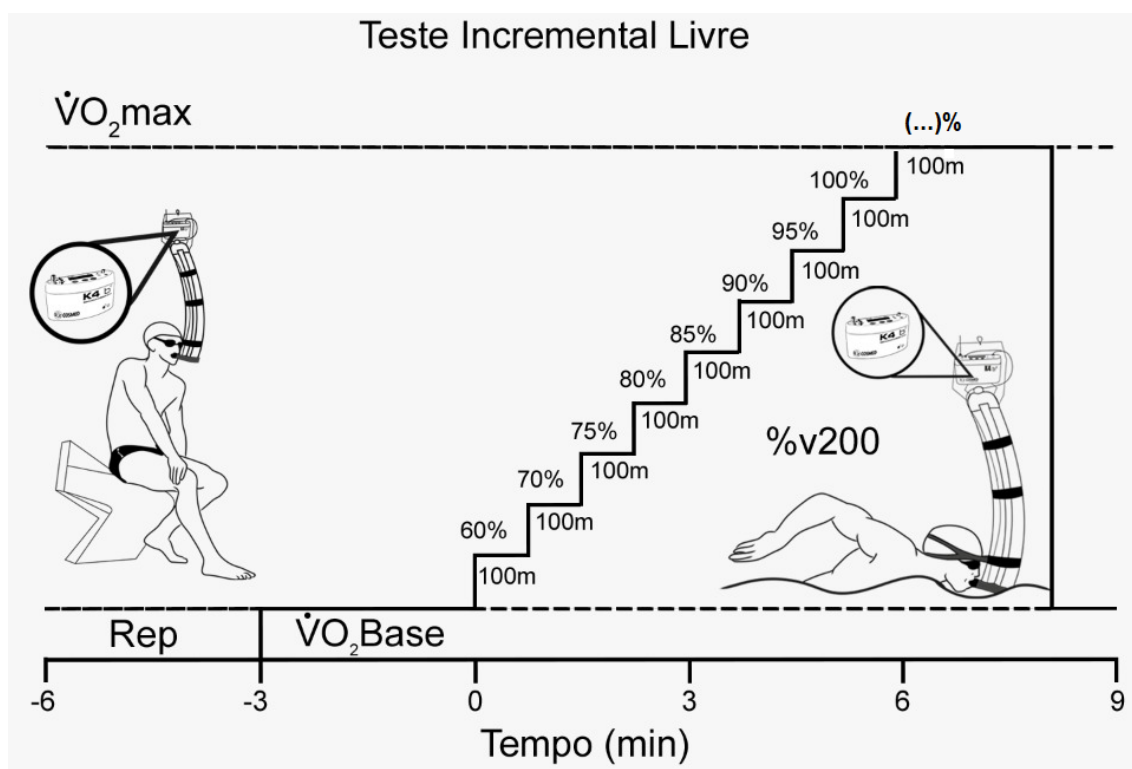


Figura 5.1 – Ilustração do teste progressivo em nado livre.

Teste progressivo máximo atado: A força máxima pico e média (F_{pico} e F_{med}) foram avaliadas com uma célula de carga de 500kgf acoplada aos nadadores por uma corda inelástica. A célula de carga foi previamente calibrada para aquisição do sinal em 100Hz, com suavização realizada pelo programa computacional do

fabricante (N2000PRO, Cefise®). Os nadadores nadaram no estilo crawl, em intensidade máxima por um período de 30s e as quantificações de F_{pic} e F_{med} (média dos picos da frequência do sinal força-tempo nos primeiros 5 e 30 segundos, respectivamente) foram realizadas conforme sugestão de Dopsaj et al. (2000). Frações da F_{med} foram aplicadas para graduar a intensidade da carga durante os estágios do teste progressivo. Previamente ao teste progressivo máximo, os nadadores permaneceram em repouso por 10 minutos, sentados na borda da piscina para a obtenção da linha de base do $\dot{V}O_2$. Posteriormente, os nadadores realizaram o teste progressivo máximo até a exaustão voluntária, atados a um sistema de carga com barra e polias, com intensidade da carga progredindo em 5% a cada minuto (PESSÔA FILHO et al., 2017), na faixa entre 30-100% do valor médio da força atada máxima (F_{avg}). O maior valor do $\dot{V}O_2$ mensurado respiração a respiração, suavizado e médio (intervalos de 30 s) foi considerado o $\dot{V}O_{2pico}$ e a carga referente ao $\dot{V}O_{2pico}$ foi considerada $i\dot{V}O_{2pico}$ (PESSÔA FILHO et al., 2017). De forma semelhante ao teste progressivo em NL, também foram adotados os critérios secundários para a obtenção do $\dot{V}O_{2max}$. O fim do teste atado progressivo foi determinado pela exaustão voluntária do nadador ou pela incapacidade no nadador para a realização do nado com força necessária para evitar a tração do aparelho saindo da área demarcada, mesmo com incentivo verbal.

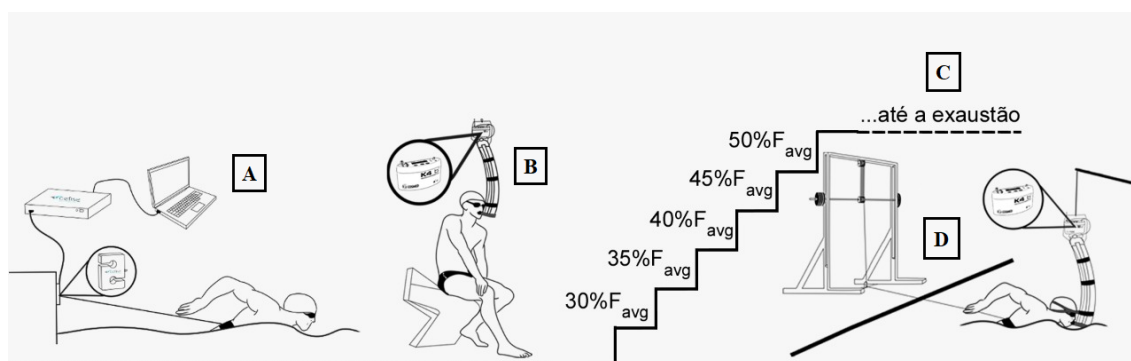


Figura 5.2 - Ilustração do teste de força atada com célula de carga (A), o uso do novo AquaTrainer® power (B), a aplicação do sistema em nado atado com polia de peso-livre (C) e uma visão geral do protocolo progressivo (D)

Os limiares fisiológicos submáximos, em ambos os protocolos, foram determinados pelas respostas gasosas, obtendo-se o GET e PCR conforme as recomendações de Beaver et al. (1986). O GET e PCR foram examinados visualmente através das respostas dos parâmetros $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$, $\dot{V}_E/\dot{V}O_2$, $PETCO_2$ e $PETO_2$. Os critérios para a definição do GET foram o aumento na curva da relação

$\dot{V}_E/\dot{V}O_2$ e da $PETCO_2$, sem alteração da relação $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$ e da $PETCO_2$. Para a definição do PCR, o critério adotado foi o aumento contínuo na curva das relações $\dot{V}_E/\dot{V}O_2$ e $\dot{V}_E/\dot{V}CO_2$ associada a diminuição da $PETCO_2$. Os pontos de localização GET e PCR foram detectados por três observadores independentes. As velocidades ($m \times s^{-1}$) de nado em GET e PCR corresponderam ao estágio do teste progressivo em que o GET e PCR foram detectados. O valor médio do $\dot{V}O_2$ nos 30s finais destes estágios foram considerados como o $\dot{V}O_2$ em GET e PCR.

5.4 PROTOCOLO DE CONFIRMAÇÃO EM NADO LIVRE E NADO ATADO

Os testes de confirmação foram realizados 1 hora após o final de cada protocolo progressivo descrito acima. O mesmo sistema de polia-corda de sustentação de peso e sistema de led (no caso do nado livre) foram usados e os sujeitos nadaram contra uma carga ou velocidade 5% acima daquela referente à menor intensidade que elicitou o $\dot{V}O_{2max}$ (105% da $i\dot{V}O_{2max}$), até a exaustão voluntária para a confirmação da resposta do $\dot{V}O_{2max}$, tanto em nado livre quanto em nado atado. Cada transição foi realizada uma vez em duas ocasiões separadas, com intervalo de 24 horas entre elas. Durante ambos os testes, os dados de troca gasosa pulmonar respiração a respiração foram coletados usando o sistema de medição descrito acima. Nestes testes, os nadadores também permaneceram em repouso na borda da piscina por 10 minutos para estabelecer os parâmetros de linha de base do $\dot{V}O_2$ antes da aplicação do teste de CONF. Os dados respiração a respiração foram subsequentemente suavizados da maneira descrita acima e, em seguida, interpolados linearmente para fornecer valores segundo a segundo para cada transição.

5.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram expressos como média + desvio padrão e a normalidade dos dados amostrados foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk. Ao serem considerados dados paramétricos, as variáveis $\dot{V}O_{2max}$ e a resposta do $\dot{V}O_2$ nos limiares, bem como variáveis metabólicas complementares (lactato sanguíneo e FC) e temporais (tempo-limite dos testes progressivos) foram analisados quanto à diferença, considerando o tipo de contexto (nado livre vs. nado atado) e tipo de teste (progressivo vs. confirmação), pelo teste de ANOVA (duas entradas, conjugado à

Bonferroni, como post-hoc). Todavia, caso fossem considerados não-paramétricos, os testes serão substituídos por testes correspondentes.

Medidas de variabilidade e dispersão foram testadas pelos mínimos e máximos, intervalo de confiança (IC95%) e pelo erro-padrão da estimativa (EPE). Além das medidas de variabilidade, a análise baseada em inferências da magnitude foi aplicada para testar as chances da verdadeira magnitude de um efeito ser substancialmente positivo e negativo, e insignificantes ou triviais (com taxa de probabilidade de 66% para assegurar um efeito decisivamente útil: chances de benefícios > 25% e < 0,5% de chances de prejuízos). As chances foram avaliadas qualitativamente, a partir de valores limítrofes conforme a escala: < 1% = bastante improvável; 1% - 5% = muito improvável; 5% - 25% = improvável; 25% - 75% = possivelmente; 75% - 95% = provável; 95% - 99,5% = muito provável; e > 100% = bastante provável. Este procedimento assegura que, ao repetir o estudo diversas vezes, o efeito estatístico terá uma distribuição amostral normal (HOPKINS *et al.*, 2009).

O poder amostral para as diferenças entre os valores de $\dot{V}O_2$ obtidos nos testes progressivos considerou um risco $\alpha = 0,05$ ($Z_\alpha = 1,96$) e $\beta = 0,20$ ($Z_\beta = 0,842$); $S = 10\%$ da resposta média em relação ao VO_{2max} ($\sim 4 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$); e $d > 10\%$ da resposta média ($\sim 5 \text{ mlO}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$), a partir da equação:

$$Z_{1-\beta} = \sqrt{N/2} \times d/S - Z_{1-\alpha/2}$$

Também foi adotado o tamanho do efeito (d de Cohen), que empregou a comparação entre as médias do $\dot{V}O_2$ e dados metabólicos complementares (lactato sanguíneo) e temporais (tempo-limite), por tipo de teste e condição de nado (LAKENS, 2013).

$$d = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)DP_1^2 + (n_2 - 1)DP_2^2}{(n_1 + n_2) - 2}}}$$

Onde, “ d ” é o tamanho do efeito, “ M ” são as médias das condições, “ n ” o número de participantes em cada condição e “ DP ” é o desvio padrão da condição. Os valores do tamanho do efeito foram interpretados como: < 0,19 = insignificante;

0,20 – 0,49 = pequeno; 0,50 – 0,79 = médio; 0,80 – 1,29 = grande; > 1,30 = muito grande. Os níveis de correlação foram determinados pelo coeficiente de correlação de Pearson e classificadas como: 0,00 – 0,29 = pequena; 0,30 – 0,49 = baixa; 0,50 – 0,69 = moderada; 0,70 – 0,89 = alta e 0,90 – 1,00 = muito alta (MUKAKA, 2012). O nível de significância foi fixado $\rho \leq 0,05$. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 17,0.

6 RESULTADOS

A Figura 6.1 apresenta as respostas pico do $\dot{V}O_2$ durante os testes progressivos e confirmação em ambas as condições de nado. Durante os testes progressivos os valores de $\dot{V}O_{2pico}$ em condições de nado livre ($53.5 \pm 6.0 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$) e nado atado ($51.6 \pm 5.2 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$), não apresentaram diferenças significativa entre si ($p = 0,51$), estando correlacionados entre si em nível muito alto ($r = 0,92$) e apresentando poder grande do tamanho amostral ($Z_{1-\beta} = 95,3\%$). Tampouco se observou diferenças ao comparar o nado livre ($54.9 \pm 5.5 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$) e nado atado ($53.0 \pm 7.5 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$), quanto aos valores de $\dot{V}O_{2pico}$ atingidos durante os testes de confirmação ($p = 0,57$), com nível de correlação moderada entre si ($r = 0,67$) e poder amostral não satisfatório ($Z_{1-\beta} = 44,4\%$). Ao comparar os valores obtidos de $\dot{V}O_{2pico}$ entre o teste progressivo e a confirmação, tanto no nado livre quanto nado atado (Figura 6.1), não foram encontradas diferenças significativas ($p = 0,30$ e $p = 0,31$, respectivamente para o nado livre e atado) e o nível de correlação é alto entre os testes para cada condição de nado ($r = 0,88$ e $r = 0,82$, respectivamente para o nado livre e atado). Porém, o poder amostral foi satisfatório para a comparação dos testes na condição livre ($Z_{1-\beta} = 88,4\%$), mas não para a atada ($Z_{1-\beta} = 73,3\%$).

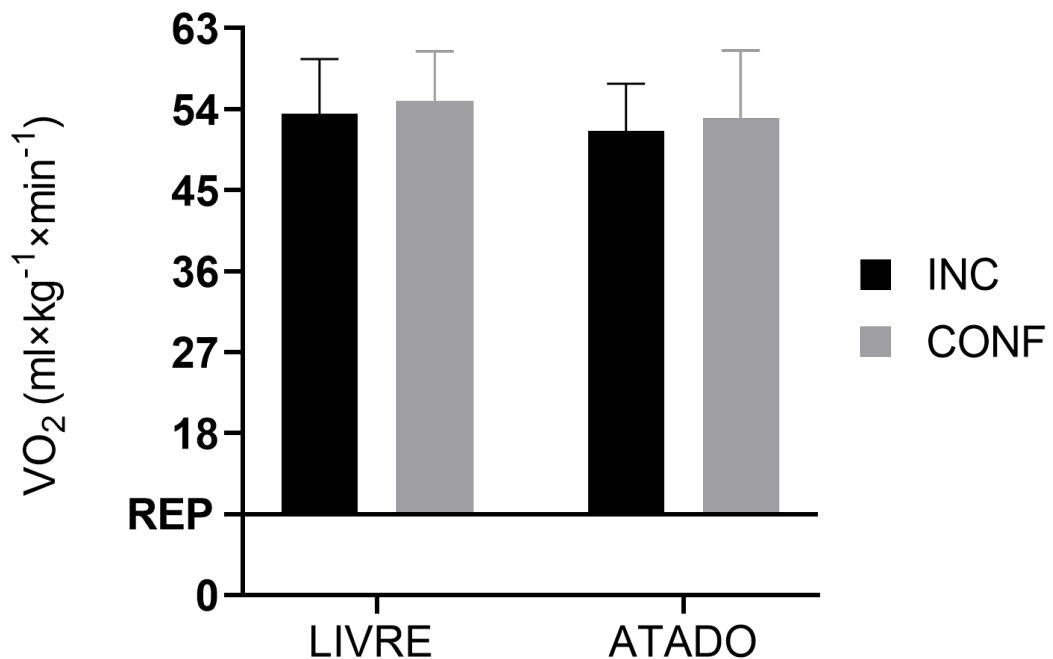


Figura 6.1 – Comparação entre os valores de $\dot{V}O_{2pico}$ determinados durante os testes progressivos e confirmatórios nas condições de nado livre e nado atado.

Tabela 6.1 – Valores de dispersão para os valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ nas condições de nado livre e atado nos testes progressivo e confirmatório.

	LIVRE	ATADO
$\dot{V}O_{2\text{pico}}$ INC		
EPE	2,1	1,8
IC95%	48,7 – 58,6	47,2 – 56,0
$\dot{V}O_{2\text{pico}}$ CONF		
EPE	2,0	2,7
IC95%	50,3 – 59,5	46,7 – 59,28

Obs.: EPE = erro padrão da estimativa, IC = intervalo de confiança (mínimo - máximo).

Para os valores de lactato, não foram encontradas diferenças significativas ($p = 0,87$) para a comparação entre nado livre ($7.67 \pm 1.0 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) e nado atado ($7.57 \pm 1.35 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) nos testes progressivos, nem para a comparação entre nado livre ($9.09 \pm 1.67 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) e nado atado ($8.59 \pm 1.58 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) nos testes de confirmação ($p = 0,06$). Para os valores de FC, a comparação de ambas as condições no teste progressivo (174.8 ± 7.91 e $181.00 \pm 10.86 \text{ b}\cdot\text{min}^{-1}$, para nado livre e nado atado, respectivamente) e confirmação (178.80 ± 12.50 e $177.20 \pm 12.40 \text{ b}\cdot\text{min}^{-1}$, para nado livre e nado atado, respectivamente) também não apresentaram diferenças significativas ($p = 0,33$ e $p = 0,84$, respectivamente).

Ao comparar os valores do GET obtidos durante o teste progressivo em nado livre e nado atado (37.2 ± 4.3 e $36.1 \pm 4.7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente), não se observou diferenças significativas ($p = 0,61$) e os valores apresentam alto nível de correlação ($r = 0,81$) apesar do poder amostral não satisfatório ($Z_{1-\beta} = 72,3\%$). Para os valores do PCR em condições de nado livre e atado (46.3 ± 4.4 e $45.9 \pm 4.35 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente) também não foram observadas diferenças significativas ($p = 0,85$), sendo o nível de correlação muito alto ($r = 0,95$) e o poder amostral muito satisfatório ($Z_{1-\beta} = 98,96\%$). Ao comparar os valores obtidos de GET ($69.6 \pm 6.6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, para nado livre e $69.8 \pm 4.4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, para nado atado) e PCR ($86.7 \pm 4.5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, para nado livre e $89.0 \pm 2.4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, para nado atado) em relação a $\% \dot{V}O_{2\text{pico}}$ no teste progressivo (Figura 6.2), não foram encontradas diferenças significativas para ambos ($p = 0,91$ e $p = 0,24$, respectivamente). A intensidade do exercício em teste progressivo correspondeu à $1.41 \pm 0.13 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e $83.2 \pm 9.1 \text{ N}$ para o nado livre e atado, respectivamente. A comparação dos valores de GET ($84.17 \pm 2.16\%$ para nado livre e $68.68 \pm 7.92\%$ para nado atado) e PCR ($92.25 \pm 3.09\%$ para nado livre e $85.83 \pm 5.38\%$ para nado

atado) em relação a $\%i\dot{V}O_{2\text{pico}}$ revelou haver diferença significativa ($t_{(8,04)} = 5,33$; $p = 0,01$ para ambos), com nado livre apresentando valores maiores em relação ao atado. Na Tabela 5.2, apresentam-se os valores de variabilidade da medida.

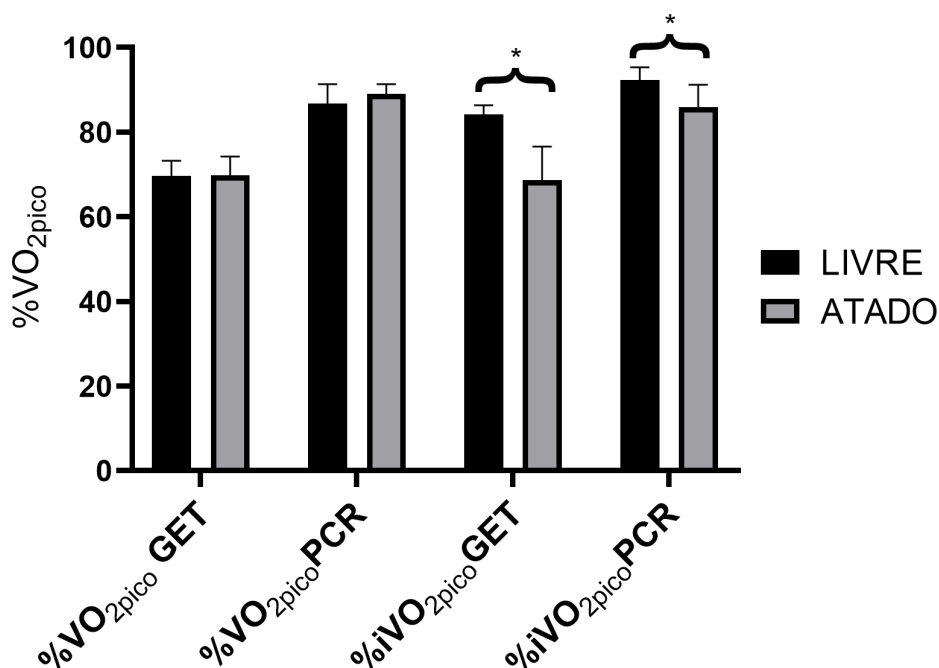


Figura 6.2 - Valores da comparação de $\% \dot{V}O_{2\text{pico}}$, GET, PCR e $i\dot{V}O_{2\text{pico}}$ entre as condições livre e atado. Obs.: $i\dot{V}O_{2\text{pico}}$ refere-se à velocidade e carga, respectivamente para as condições de nado livre e nado atado.

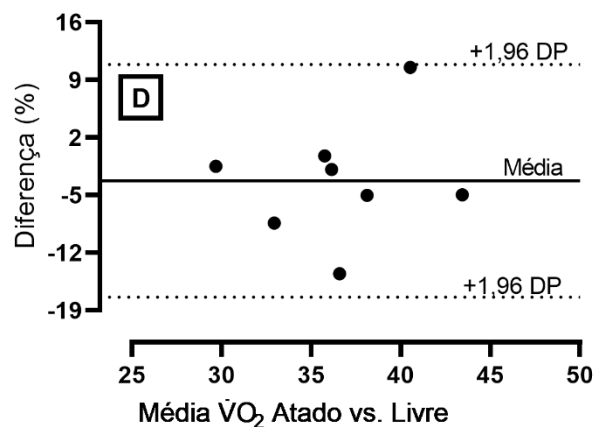
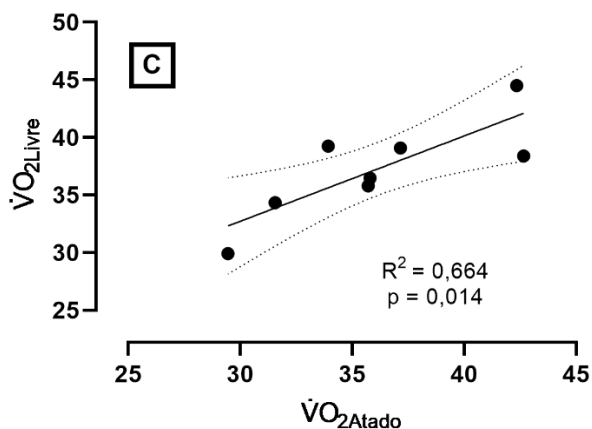
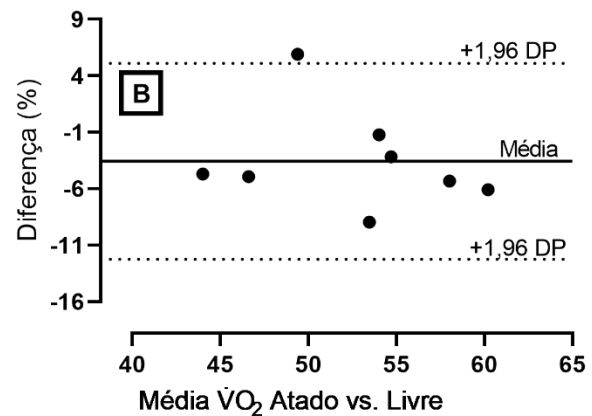
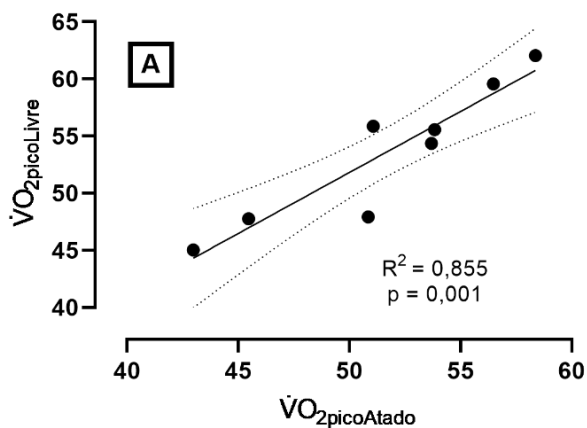
Tabela 6.2 – Valores de dispersão em $\% \dot{V}O_{2\text{pico}}$ e $\%i\dot{V}O_{2\text{pico}}$ para GET e PCR nas condições de nado livre e atado. Obs.: $i\dot{V}O_{2\text{pico}}$ se refere tanto a velocidade, quanto a carga, nas condições de nado livre e atado, respectivamente.

	LIVRE	ATADO
$\% \dot{V}O_{2\text{pico}} - \text{GET}$		
EPE	1,28	1,56
IC95%	66,58 – 72,66	66,14 – 73,52
$\% \dot{V}O_{2\text{pico}} - \text{PCR}$		
EPE	1,61	0,84
IC95%	82,94 – 90,6	86,99 – 90,97
$\%i\dot{V}O_2 - \text{GET}$		
EPE	0,76	2,8
IC95%	82,36 – 85,98	62,06 – 75,31
$\%i\dot{V}O_2 - \text{PCR}$		
EPE	1,09	1,9

IC95%	89,65 – 94,84	81,33 – 90,33
-------	---------------	---------------

Obs.: EPE = erro padrão da estimativa, IC = intervalo de confiança (mínimo e máximo).

Os resultados apresentam coeficientes com níveis de explicação que variam de moderado a muito alto para a variância entre as médias de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e $i\dot{V}O_2$ em GET e PCR obtidos nos testes progressivos entre as condições de nado livre e nado atado (Figura 6.3, Painéis A, C e E e Figura 6.4, Painéis G e I), cujos valores de erro atingiram 2,5, 2,7, 1,4, 1,6 e 2,3 $\text{ml}\times\text{kg}^{-1}\times\text{min}^{-1}$, respectivamente. Estas variáveis apresentam concordância entre si, indicando que as condições de teste fornecem respostas gasosas proporcionais quanto ao perfil metabólico (Figura 6.3, painéis B, D e F e Figura 5.4, Painéis H e J).



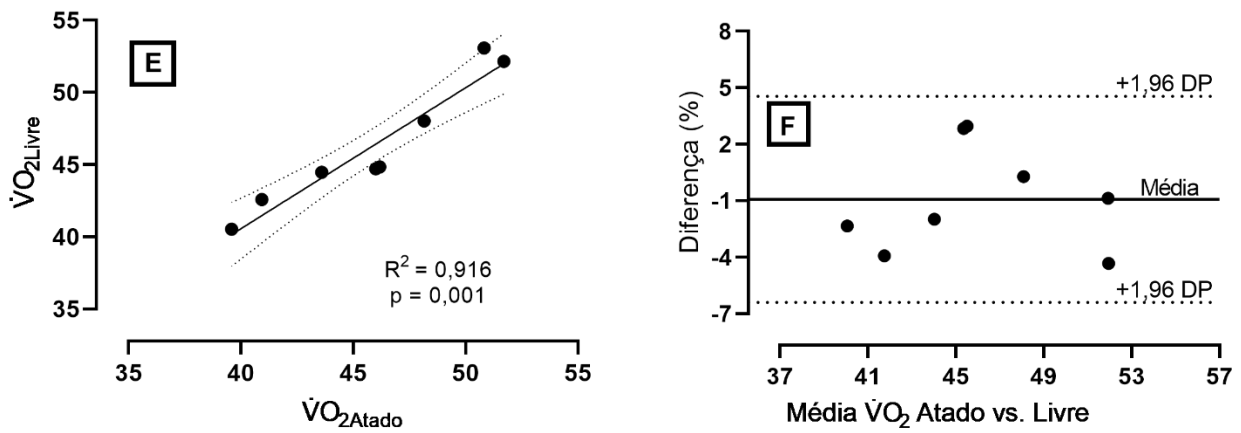


Figura 6.3 - Valores de dispersão para a análise do $\dot{V}O_{2pico}$ (Painel A e B), GET (Painel C e D) e PCR e (Painel E e F) nas condições de nado livre e atado. Obs.: Os valores de $\dot{V}O_{2pico}$ são expressos em $ml \times kg^{-1} \times min^{-1}$.

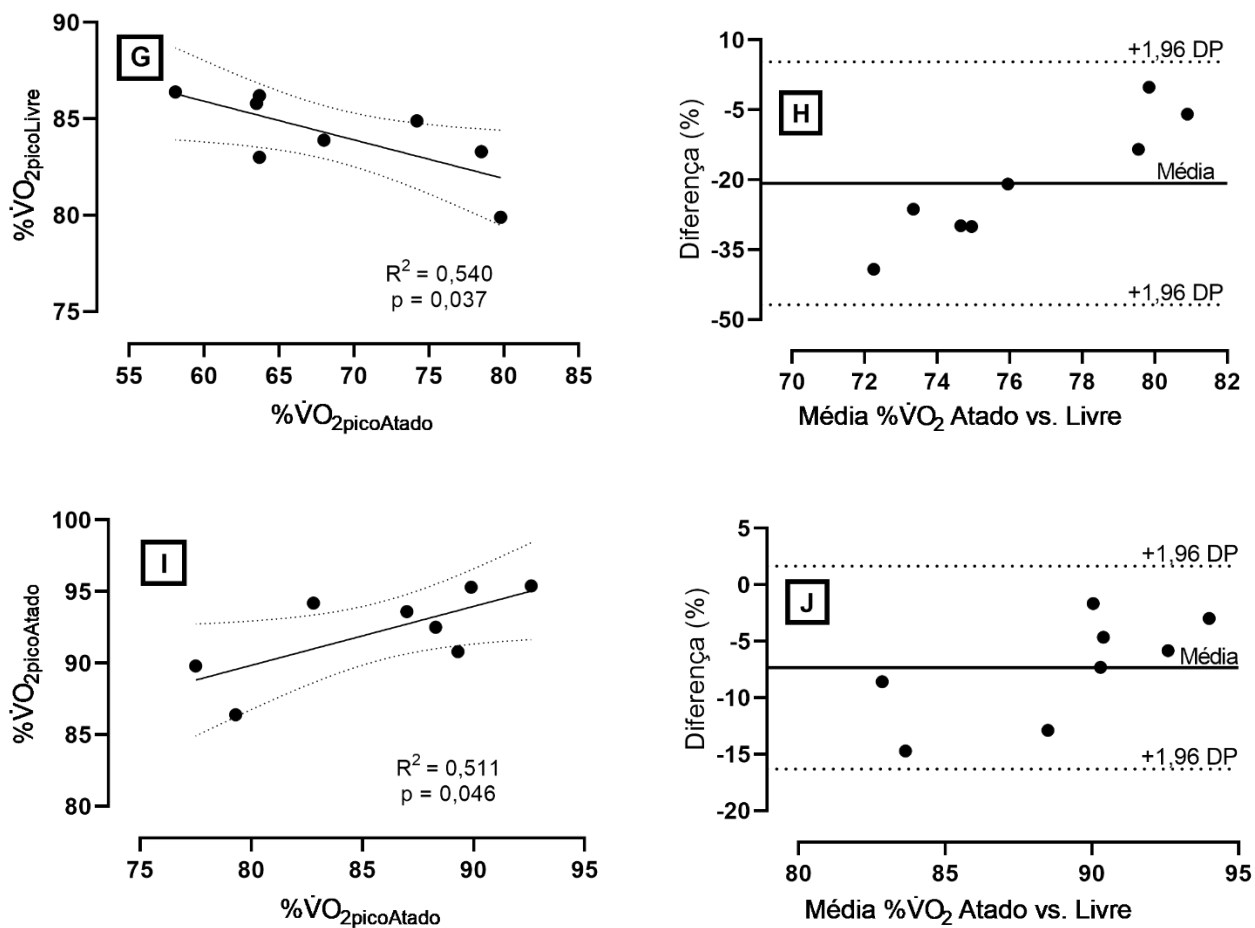


Figura 6.4 - Valores de dispersão para a análise do $i\dot{V}O_{2pico}$, GET (Painel G e H) e PCR (Painel I e J) nas condições de nado livre e nado atado. Obs.: Os valores são expressos em $\%i\dot{V}O_{2pico}$.

7 DISCUSSÃO

Os achados do presente estudo confirmaram que o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ determinado em ambos os protocolos representa o $\dot{V}O_{2\text{max}}$ e, assim, os testes progressivos propostos foram efetivos na avaliação da aptidão aeróbia máxima dos nadadores. Além disso, o protocolo tipo rampa não apresentou diferenças entre as duas condições de nado, tanto para a análise do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ obtido, quanto para a resposta fisiológica respectiva aos limiares GET e PCR, em valores absolutos e $\% \dot{V}O_{2\text{max}}$. Há, todavia, diferença entre as condições de nado quando comparadas pelo $\%i\dot{V}O_{2\text{max}}$ em GET e PCR, que sugere perfil econômico distinto em condições submáximas de esforço.

Os valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ obtidos no presente estudo, para as condições de nado livre e atado, utilizando um protocolo progressivo tipo rampa, não apresentaram diferenças significativa entre si, demonstrando, dessa forma, que ambas as condições parecem ser válidas para a obtenção dos parâmetros máximos e semelhantes em relação as respostas centrais ao nível da captação e difusão de O_2 para o sangue arterial e posteriormente para o tecido muscular, quanto em relação às respostas periféricas relacionadas com a organização das fibras musculares e consequente economia de energia. Podendo-se dizer, dessa forma, que tanto no nado livre como no nado atado foram alcançados os valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ correspondentes ao $\dot{V}O_{2\text{max}}$, a partir do protocolo proposto.

A utilização do protocolo tipo rampa para a natação já havia sido proposto por Pessoa Filho et al. (2017) que, também através de pequenos incrementos de carga a cada 60 segundos, demonstraram a capacidade de obter os valores máximos e submáximos em nadadores, com os resultados a demonstrarem a validade do protocolo em questão para a determinação de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e com valores que corroboram com os encontrados no presente estudo. Para as comparações com nado livre, os quais os protocolos comumente aplicados utilizam testes intermitentes e com incrementos de carga com períodos mais longos, os valores de $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ encontrados para uma amostra semelhante foram próximos aos apresentados no presente estudo (BENTLEY et al., 2005; REIS et al., 2012).

Em relação aos valores obtidos em protocolos intermitentes para nado livre apresentam-se valores semelhantes aos encontrados no presente estudo. Utilizando um protocolo tipo rampa, Astorino et al. (2004) coloca que em populações treinadas em endurance, protocolos mais curtos podem revelar valores semelhantes para $\dot{V}O_{2\text{max}}$ em comparação com protocolos mais longos, pois os atletas tendem a ter uma capacidade anaeróbia mais desenvolvida para tolerar as altas taxas de trabalho decorrentes de exercícios quase máximos. No entanto, as diferenças na FC_{max} ,

coeficiente respiratório (RER), avaliação do esforço percebido e $[La^-]$ entre protocolos longos e curtos podem indicar uma maior perturbação fisiológica relativa e, portanto, maior estresse físico aumentado durante o teste progressivo.

Ainda sobre o estudo de Astorino et al. (2004), foram apresentados valores de $\dot{V}O_{2max}$ menores para protocolos de longa duração comparadas com os de curta duração. Os autores explicam que essa diferença pode ter sido ocasionada por alterações na FC, Q, volume sistólico (VS), $a-vO_2diff$ e temperatura corporal, já que durante protocolos mais longos, a temperatura central pode aumentar em um grau maior, causando vasodilatação periférica aumentada e, portanto, menor retorno venoso e VS, além da diminuição de $\dot{V}O_2$ ocasionado por uma redução dos batimentos cardíacos. Assim, durante protocolos mais longos, o comprometimento da oferta de O_2 devido aos decréscimos de VS e Q pode explicar o menor $\dot{V}O_{2max}$ observado.

Podendo-se dizer, dessa forma, que além de possíveis subestimações em relação ao $\dot{V}O_{2pico}$, durante protocolos com incrementos de carga mais lentos, a identificação não invasiva do limiar de lactato via troca gasosa/mudanças ventilatórias correspondentes à produção não metabólica de CO_2 é dificultada pelo fato de que a VE aumentará desproporcionalmente em comparação para $\dot{V}CO_2$ para todas as taxas de trabalho acima do limiar de lactato (WHIPP et al., 1989). Conseqüentemente, os testes progressivos de incremento lento não permitirão a identificação da região isocápnica dentro da qual a pressão parcial arterial de CO_2 é mantida acima do LL durante o exercício progressivo (isto é, trabalho supra-LL onde a hiperventilação compensatória ainda não é necessária) (PESSÔA FILHO et al., 2017). Sendo assim, além de se ser como um protocolo mais simples e rápido de ser reproduzido, o protocolo tipo rampa apresentou validade para a obtenção dos parâmetros máximos e submáximos em nadadores, facilitando o processo de avaliação e prescrição do treinamento.

A confirmação do $\dot{V}O_{2max}$ feita por meio de um teste supramáximo tem sido amplamente realizada em esteiras, utilizando o protocolo tipo rampa, (MIDGLEY et al., 2006; WEATHERWAX et al., 2016) e cicloergômetros (ROSSITER et al., 2006; ASTORINO; WHITE; DALLECK, 2009), apresentando validade para a confirmação do $\dot{V}O_{2max}$ em teste progressivo. Entretanto, apesar dessa análise não ter sido apresentada na literatura para a natação, os resultados do presente estudo validam a utilização de um teste tipo rampa para a obtenção de $\dot{V}O_{2max}$, já que os valores encontrados para os testes de confirmação, após a aplicação do teste progressivo,

não apresentaram diferenças em relação ao $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ obtidos para ambas as condições. Além disso, para a comparação entre ambas as condições em relação ao $\dot{V}O_{2\text{max}}$ obtidos no teste de confirmação, os resultados também não apresentaram diferenças entre si, demonstrando similaridades entre os contextos para as respostas fisiológicas.

Quanto à comparação entre as principais medidas avaliadas ($\dot{V}O_{2\text{max}}$ e limiares submáximos) os valores encontrados foram semelhantes, não apresentando diferenças significativas e apresentando altos níveis de correlação entre si. No entanto, em termos de percentual de intensidade, o nado atado parece atingir o primeiro e segundo limiar em porcentagens mais baixas quando comparadas com o nado livre.

As diferenças encontradas para os percentuais de intensidades em ambas as condições para o primeiro e segundo limiar podem ser explicadas a partir da diferença entre as demandas de organização das fibras musculares. Hunter et al. (2005) propõe que a relação inversa entre capacidade oxidativa e economia de exercício pode ser atribuída a uma alta proporção de fibras do tipo IIa, que têm menor economia de esforço, mas contribuem significativamente para o $\dot{V}O_{2\text{max}}$, já que ele não é alcançado sem uma elevada produção anaeróbia e consequente participação das fibras do tipo IIa. Entretanto, a ativação rápida dessas fibras demandará a contribuição gradual da reserva finita de energia anaeróbia, levando assim, a exaustão ocasionada pela acidose metabólica e depleção de substratos intramusculares (WAGNER, 2000; DiPRAMPERO, 2003; MURGATROYD et al., 2011; POOLE et al., 2016).

Dessa forma, pode-se dizer, a partir dos resultados obtidos, que o nado atado apresenta ativação das fibras do tipo IIa, utilizando a energia a partir da produção anaeróbia, mais rápidas quando comparadas com o nado livre, explicando, assim, as diferenças encontradas para os percentuais de intensidades entre os dois limiares. As limitações do presente estudo se encontram na ausência da aplicação de outros protocolos escalonados para a comparação dos índices apresentados a fim de validar o protocolo tipo rampa como melhor alternativa para a obtenção dos valores dos parâmetros máximos e submáximos obtidos em nado livre e atado.

A avaliação dos principais parâmetros da aptidão física dos atletas e o planejamento de treino adequado, a partir dos resultados obtidos, podem levar a uma melhora de diversos parâmetros da aptidão aeróbia, como o $\dot{V}O_{2\text{max}}$, a economia do exercício, a potência crítica e o perfil oxidativo. Dessa forma, sugere-se

para possíveis estudos futuros a aplicação dos valores obtidos dos limiares fisiológicos (GET e PCR) para prescrição e aplicação ao treinamento, com o intuito de confirmar ou não a melhora dos parâmetros citados acima.

8 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que os resultados obtidos de $\dot{V}O_{2max}$ apoiam a validade do protocolo tipo rampa para a avaliação da aptidão aeróbia máxima do nadador. Além da obtenção dos parâmetros máximos, o protocolo tipo rampa também se mostrou efetivo para a obtenção do GET e PCR em conformidade com os protocolos propostos na literatura. Porém, os valores respectivos ao nado livre e atado podem ser comparados apenas com relação à resposta fisiológica, mas não mecânica. Isso sugere que há diferenças de economia entre as condições de nado, durante cargas submáximas, que dessa forma podem afetar a tolerância em domínios de moderado a pesado do esforço, bem como a evolução do GET em resposta ao treinamento. Apesar desse fato ser ainda uma questão a ser evidenciada em futuros estudos.

Concluimos também que os testes de confirmação a 105% da $i\dot{V}O_{2pico}$ confirmam a determinação do $\dot{V}O_{2max}$ na natação e que os valores obtidos de $\dot{V}O_{2pico}$, obtidos através dos protocolos progressivos apresentados, têm excelente propensão em representar o $\dot{V}O_{2max}$. Assim sendo, um teste progressivo tipo rampa mostrou ser efetivo para a obtenção dos parâmetros fisiológicos máximos e submáximos, tanto para o nado livre quanto para o nado atado. Além dos valores de $\dot{V}O_{2pico}$ obtidos entre o teste progressivo e confirmação, que não apresentaram diferenças entre si, confirmarem os resultados obtidos de $\dot{V}O_{2max}$. Dito isto, com base em nossas investigações, sugere-se algumas aplicações práticas para os treinadores:

- Um protocolo estilo rampa contínuo, de 8x100m, mostrou-se válido para a obtenção dos limiares fisiológicos e do $\dot{V}O_{2max}$;
- O teste progressivo tipo rampa se apresenta como um protocolo mais simples e rápido de ser reproduzido;
- Os resultados destes estudos validam um protocolo que facilita o processo de avaliação e prescrição do treinamento.

9 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, T. A. F.; PESSÔA FILHO, D. M.; ESPADA, M. C.; REIS, J. F.; SANCASSANI, A.; MASSINI, D. A.; SANTOS, F. J.; ALVES, F. B. Physiological Responses During High-Intensity Interval Training in Young Swimmers. **Frontiers in Physiology**, v. 12, p. 662029, 1 jul. 2021. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.662029>.
- ALMEIDA, T. A. F., PESSÔA FILHO, D. M., ESPADA, M. A. C., REIS, J. F., SIMIONATO, A. R., SIQUEIRA, L. O. C., et al. (2020). $\dot{V}O_2$ kinetics and energy contribution in simulated maximal performance during short and middle distance-trials in swimming. **Eur. J. Appl. Physiol.** 120(6), 1097–1109. doi: 10.1007/s00421-020-04348-y.
- AMANN, M.; SUBUDHI, A.; FOSTER, C. Influence of Testing Protocol on Ventilatory Thresholds and Cycling Performance: **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, n. 4, p. 613–622, abr. 2004. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000122076.21804.10>.
- AMARO, N.; MARINHO, D. A.; BATALHA, N.; MARQUES, M. C.; MOROUÇO, P. Reliability of Tethered Swimming Evaluation in Age Group Swimmers. **Journal of Human Kinetics**, v. 41, n. 1, p. 155–162, 8 jul. 2014. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0043>.
- ARENA, R.; MYERS, J.; WILLIAMS, M. A.; GULATI, M.; KLIGFIELD, P.; BALADY, G. J.; COLLINS, E.; FLETCHER, G. Assessment of Functional Capacity in Clinical and Research Settings: A Scientific Statement From the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing. **Circulation**, v. 116, n. 3, p. 329–343, 17 jul. 2007. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.184461>.
- ASTORINO, T.; RIETSCHER, J.; TAM, A.P.; TAYLOR, K.; JOHNSON, S.M.; FREEDMAN, T.P.; CEM, A.; SAKARYA, E. Reinvestigation of optimal duration of VO_{2max} testing. **Journal of Exercise Physiology** 7, 1-8, 2004
- ASTORINO, T.; WHITE, A.; DALLECK, L. Supramaximal Testing to Confirm Attainment of VO_2 max in Sedentary Men and Women. **International Journal of Sports Medicine**, v. 30, n. 04, p. 279–284, abr. 2009. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1104588>.
- ÅSTRAND, P.-O.; CUDDY, T. E.; SALTIN, B.; STENBERG, J. Cardiac output during submaximal and maximal work. **Journal of Applied Physiology**, v. 19, n. 2, p. 268–274, 1 mar. 1964. <https://doi.org/10.1152/jappl.1964.19.2.268>.
- ÅSTRAND, P.O.; SALTIN, B. Maximal oxygen uptake and heart rate in various types of muscular activity. **Journal of Applied Physiology**, v. 16, n. 6, p. 977–981, 1 nov. 1961. <https://doi.org/10.1152/jappl.1961.16.6.977>.
- BALDARI C., FERNANDES RJ., RIBEIRO J., MEUCCI M., VILAS-BOAS JP., GUIDETTI L. Is the new AquaTrainer® snorkel valid for VO_2 assessment in swimming? **Int J Sports Med.** 34(4) p: 336-44, 2013.

BALDWIN, J.; SNOW, R. J.; FEBBRAIO, M. A. Effect of training status and relative exercise intensity on physiological responses in men: **Medicine & Science in Sports & Exercise**, p. 1648–1654, set. 2000. <https://doi.org/10.1097/00005768-200009000-00020>.

BARKER, A. R.; WILLIAMS, C. A.; JONES, A. M.; ARMSTRONG, N. Establishing maximal oxygen uptake in young people during a ramp cycle test to exhaustion. **British Journal of Sports Medicine**, v. 45, n. 6, p. 498–503, 1 maio 2011. <https://doi.org/10.1136/bjism.2009.063180>.

BASSETT, D. R.; HOLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance: **Medicine & Science in Sports & Exercise**, p. 70, jan. 2000. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>.

BEAVER, W. L.; WASSERMAN, K.; WHIPP, B. J. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. **Journal of Applied Physiology**, v. 60, n. 6, p. 2020–2027, 1 jun. 1986. <https://doi.org/10.1152/jappl.1986.60.6.2020>.

BELTZ, N. M.; GIBSON, A. L.; JANOT, J. M.; KRAVITZ, L.; MERMIER, C. M.; DALLECK, L. C. Graded Exercise Testing Protocols for the Determination of VO₂ max: Historical Perspectives, Progress, and Future Considerations. **Journal of Sports Medicine**, v. 2016, p. 1–12, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/3968393>.

BENTLEY, D. J.; NEWELL, J.; BISHOP, D. Incremental Exercise Test Design and Analysis: Implications for Performance Diagnostics in Endurance Athletes. **Sports Medicine**, v. 37, n. 7, p. 575–586, 2007. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737070-00002>.

BENTLEY, D. J.; ROELS, B.; HELLARD, P.; FAUQUET, C.; LIBICZ, S.; MILLET, G. P. Physiological responses during submaximal interval swimming training: Effects of interval duration. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 8, n. 4, p. 392–402, dez. 2005. [https://doi.org/10.1016/S1440-2440\(05\)80054-4](https://doi.org/10.1016/S1440-2440(05)80054-4).

BERGER, N. J. A.; TOLFREY, K.; WILLIAMS, A. G.; JONES, A. M. Influence of Continuous and Interval Training on Oxygen Uptake On-Kinetics. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 38, n. 3, p. 504–512, mar. 2006. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000191418.37709.81>.

BERGSTROM, H. C.; HOUSH, T. J.; ZUNIGA, J. M.; CAMIC, C. L.; TRAYLOR, D. A.; SCHMIDT, R. J.; JOHNSON, G. O. Estimated times to exhaustion and power outputs at the gas exchange threshold, physical working capacity at the rating of perceived exertion threshold, and respiratory compensation point. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 37, n. 5, p. 872–879, out. 2012. <https://doi.org/10.1139/h2012-057>.

BILLAT, V.; FAINA, M.; SARDELLA, F.; MARINI, C.; FANTON, F.; LUPO, S.; FACCINI, P.; DE ANGELIS, M.; KORALSZTEIN, J. P.; DALMONTE, A. A comparison of time to exhaustion at VO₂ max in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. **Ergonomics**, v. 39, n. 2, p. 267–277, fev. 1996. <https://doi.org/10.1080/00140139608964457>.

- BONEN, A.; WILSON, B. A.; YARKONY, M.; BELCASTRO, A. N. Maximal oxygen uptake during free, tethered, and flume swimming. **Journal of Applied Physiology**, v. 48, n. 2, p. 232–235, 1 fev. 1980. <https://doi.org/10.1152/jappl.1980.48.2.232>.
- BORG, G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. **Scandinavian Journal of Work, Environment & Health**, v. 16, p. 55–58, 1990. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1815>.
- BURNLEY, M.; JONES, A. M. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. **European Journal of Sport Science**, v. 7, n. 2, p. 63–79, jun. 2007. <https://doi.org/10.1080/17461390701456148>.
- CAIOZZO, V. J.; DAVIS, J. A.; ELLIS, J. F.; AZUS, J. L.; VANDAGRIFF, R.; PRIETTO, C. A.; MCMASTER, W. C. A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. **Journal of Applied Physiology**, v. 53, n. 5, p. 1184–1189, 1 nov. 1982. <https://doi.org/10.1152/jappl.1982.53.5.1184>.
- CARDOSO, C.; FERNANDES, R.; MAGALRAES, J.; SANTOS, P.; COLA, P.; SOARES, S.; CARMO, C.; BARBOSA, T.; VILAS-BOAS, J. P. Comparison of Continuous and Intermittent Incremental Protocols for Direct V_{O2}max Assessment. p. 6, 2003.
- CARITÁ, R. A. C.; PESSÔA FILHO, D. M.; BARBOSA, L. F.; GRECO, C. C. Componente lento da cinética do VO₂: determinantes fisiológicos e implicações para o desempenho em exercícios aeróbios. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 16, n. 2, p. 233–246, 29 jan. 2014. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2014v16n2p233>.
- CASABURI, R.; PATESSIO, A.; IOLI, F.; ZANABONI, S.; DONNER, C. F.; WASSERMAN, K. Reductions in Exercise Lactic Acidosis and Ventilation as a Result of Exercise Training in Patients with Obstructive Lung Disease. **American Review of Respiratory Disease**, v. 143, n. 1, p. 9–18, jan. 1991. <https://doi.org/10.1164/ajrccm/143.1.9>.
- COSTILL, D.; KOVALESKI, J.; PORTER, D.; KIRWAN, J.; FIELDING, R.; KING, D. Energy Expenditure During Front Crawl Swimming: Predicting Success in Middle-Distance Events. **International Journal of Sports Medicine**, v. 06, n. 05, p. 266–270, out. 1985. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1025849>.
- DAVIS, J. A.; ROZENEK, R.; DECICCO, D. M.; CARIZZI, M. T.; PHAM, P. H. Comparison of three methods for detection of the lactate threshold. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 27, n. 6, p. 381–384, nov. 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2007.00762.x>.
- DAY, J. R.; ROSSITER, H. B.; COATS, E. M.; SKASICK, A.; WHIPP, B. J. The maximally attainable $\dot{V}O_2$ during exercise in humans: the peak vs. maximum issue. **Journal of Applied Physiology**, v. 95, n. 5, p. 1901–1907, nov. 2003. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00024.2003>.
- DE SUTTER, J.; VAN DE VEIRE, N.; ELEGEERT, I. Chronotropic incompetence: are the carotid arteries to blame? The opinions expressed in this article are not

necessarily those of the Editors of the European Heart Journal or of the European Society of Cardiology. **European Heart Journal**, v. 27, n. 8, p. 897–898, 1 abr. 2006. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehi712>.

DEMARIE, S.; SARDELLA, F.; BILLAT, V.; MAGINI, W.; FAINA, M. The V'O 2 slow component in swimming. **European Journal of Applied Physiology**, v. 84, n. 1–2, p. 95–99, 16 fev. 2001. <https://doi.org/10.1007/s004210000348>.

DEMARIE, S.; KORALSZTEIN, J. P.; BILLAT, V. Time limit and time at VO₂max' during a continuous and an intermittent run. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 40, n. 2, p. 96–102, jun. 2000.

DIMENNA, F. J.; JONES, A. M. “Linear” Versus “Nonlinear” O₂ Responses to Exercise: Reshaping Traditional Beliefs. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 7, n. 2, p. 67–84, 2009. [https://doi.org/10.1016/S1728-869X\(09\)60009-5](https://doi.org/10.1016/S1728-869X(09)60009-5).

DI PRAMPERO, P. E. Factors limiting maximal performance in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 3–4, p. 420–429, out. 2003. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0926-z>.

DIXON, R. W.; FAULKNER, J. A. Cardiac outputs during maximum effort running and swimming. **Journal of Applied Physiology**, v. 30, n. 5, p. 653–656, maio 1971. <https://doi.org/10.1152/jappl.1971.30.5.653>.

DOPSAJ, M.; IVICA MATKOVI; IVAN ZDRAVKOVIĆ. THE RELATIONSHIP BETWEEN 50m - FREESTYLE RESULTS AND CHARACTERISTICS OF TETHERED FORCES IN MALE SPRINT SWIMMERS: A NEW APPROACH TO TETHERED SWIMMING TEST. v. 1, n. 7, p. 9, 2000.

ESPADA, M. C.; REIS, J. F.; ALMEIDA, T. F.; BRUNO, P. M.; VLECK, V. E.; ALVES, F. B. Ventilatory and Physiological Responses in Swimmers Below and Above Their Maximal Lactate Steady State. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 10, p. 2836–2843, out. 2015. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000504>.

ESTEVE-LANAO, J.; FOSTER, C.; SEILER, S.; LUCIA, A. Impact of Training Intensity Distribution on Performance in Endurance Athletes. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 3, p. 943, 2007. <https://doi.org/10.1519/R-19725.1>.

FERNANDES, R. J.; BILLAT, V. L.; CRUZ, A. C.; COLAÇO, P. J.; CARDOSO, C. S.; VILAS-BOAS, J. P. Does net energy cost of swimming affect time to exhaustion at the individual's maximal oxygen consumption velocity? **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 46, n. 3, p. 373–380, set. 2006.

FERNANDES, R. J.; CARDOSO, C. S.; SOARES, S. M.; ASCENS, A.; COLAËCO, P. J.; VILAS-BOAS, J. P. Time Limit and VÇO₂ Slow Component at Intensities Corresponding to VÇO₂max in Swimmers. **Int J Sports Med**, p. 6, 2003.

FERNANDES, R.; SOUSA, M.; MACHADO, L.; VILAS-BOAS, J. Step Length and Individual Anaerobic Threshold Assessment in Swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v. 32, n. 12, p. 940–946, dez. 2011. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1283189>.

FERNANDES, R.; VILAS-BOAS, J. Time to Exhaustion at the VO₂ max Velocity in Swimming: A Review. **Journal of Human Kinetics**, v. 32, n. 2012, p. 121–134, 1 maio 2012. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0029-1>.

FOSTER, C.; POLLOCK, M. L.; ROD, J. L.; DYMOND, D. S.; WIBLE, G.; SCHMIDT, D. H. Evaluation of Functional Capacity during Exercise Radionuclide Angiography. **Cardiology**, v. 70, n. 2, p. 85–93, 1983. <https://doi.org/10.1159/000173574>.

GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 24, p. 35–71, 1996.

GASTIN, P. B. Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise: **Sports Medicine**, v. 31, n. 10, p. 725–741, 2001. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131100-00003>.

HILL, A. V.; LUPTON, H. Muscular Exercise, Lactic Acid, and the Supply and Utilization of Oxygen. **QJM**, v. os-16, n. 62, p. 135–171, 1 jan. 1923. <https://doi.org/10.1093/qjmed/os-16.62.135>.

HOLMÉR, I.; LUNDIN, A.; ERIKSSON, B. O. Maximum oxygen uptake during swimming and running by elite swimmers. **Journal of Applied Physiology**, v. 36, n. 6, p. 711–714, jun. 1974. <https://doi.org/10.1152/jappl.1974.36.6.711>.

HOPKINS, W. G.; MARSHALL, S. W.; BATTERHAM, A. M.; HANIN, J. Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 1, p. 3–12, jan. 2009. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>.

HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R.; WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, n. 9, p. 1292–1301, set. 1995.

JAMNICK, N. A.; PETTITT, R. W.; GRANATA, C.; PYNE, D. B.; BISHOP, D. J. An Examination and Critique of Current Methods to Determine Exercise Intensity. **Sports Medicine**, v. 50, n. 10, p. 1729–1756, out. 2020. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01322-8>.

JONES, A. M.; BURNLEY, M. Oxygen Uptake Kinetics: An Underappreciated Determinant of Exercise Performance. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 4, n. 4, p. 524–532, dez. 2009. <https://doi.org/10.1123/ijsp.4.4.524>.

JONES, A. M.; CARTER, H. The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness: **Sports Medicine**, v. 29, n. 6, p. 373–386, 2000. <https://doi.org/10.2165/00007256-200029060-00001>.

JONES, A.M., POOLE, D.C. Introduction to oxygen uptake kinetics and historical development of the discipline. In: JONES, A.M., POOLE, D.C. (Eds), Oxygen uptake kinetics in sport, exercise and medicine. Routledge, London, pp 3-37, 2005.

JORGIC, B.; PULETIC, M.; OKICIC, T.; MEŠKOVSKA, N. IMPORTANCE OF MAXIMAL OXYGEN CONSUMPTION DURING SWIMMING □. **Physical Education And Sport**, [s.i.], v. 9, n. 2, p.183-191, fev. 2011.

KRAVCHYCHYN, A. C. P.; ALVES, J. C. C.; KRAVCHYCHYN, T. P.; NOGUEIRA, G. Â.; MACHADO, F. A. Comparação entre os métodos direto e indireto de determinação do VO₂ máx de praticantes de corrida. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 21, n. 1, p. 17–21, fev. 2015. <https://doi.org/10.1590/1517-86922015210101412>.

LAKENS, D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. **Front Psychol**, Vol. 26(4), p. 1-12, 2013.

LANSLEY, K. E.; DIMENNA, F. J.; BAILEY, S. J.; JONES, A. M. A 'New' Method to Normalise Exercise Intensity. **International Journal of Sports Medicine**, v. 32, n. 07, p. 535–541, jul. 2011. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1273754>.

LAVOIE, J.-M.; MONTPETIT, R. R. Applied Physiology of Swimming: **Sports Medicine**, v. 3, n. 3, p. 165–189, 1986. <https://doi.org/10.2165/00007256-198603030-00002>.

LEVINE, B. D. : what do we know, and what do we still need to know?: Maximal oxygen uptake. **The Journal of Physiology**, v. 586, n. 1, p. 25–34, 1 jan. 2008. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.147629>.

LIBICZ, S.; ROELS, B.; MILLET, G. P. Responses to Intermittent Swimming Sets at Velocity Associated With max. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 30, n. 5, p. 543–553, 1 out. 2005. <https://doi.org/10.1139/h05-140>.

LIMA, A. M. J. de; SILVA, D. V. G.; SOUZA, A. O. S. de. Correlação entre as medidas direta e indireta do VO₂max em atletas de futsal. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 3, p. 164–166, jun. 2005. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922005000300002>.

LOCKWOOD, P. A.; YODER, J. E.; DEUSTER, P. A. Comparison and cross-validation of cycle ergometry estimates of??VO₂max: **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 29, n. 11, p. 1513–1520, nov. 1997. <https://doi.org/10.1097/00005768-199711000-00019>.

MAGALANG, U. J.; GRANT, B. J. Determination of gas exchange threshold by nonparametric regression. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 151, n. 1, p. 98–106, jan. 1995. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.151.1.7812580>.

MAGEL, J. R.; FOGLIA, G. F.; MCARDLE, W. D.; GUTIN, B.; PECHAR, G. S.; KATCH, F. I. Specificity of swim training on maximum oxygen uptake. **Journal of Applied Physiology**, v. 38, n. 1, p. 151–155, 1 jan. 1975. <https://doi.org/10.1152/jappl.1975.38.1.151>.

MAKSUD, M. G.; COUTTS, K. D. Application of the Cooper twelve-minute run-walk test to young males. **Research Quarterly**, v. 42, n. 1, p. 54–59, mar. 1971.

- MANN, T.; LAMBERTS, R. P.; LAMBERT, M. I. Methods of Prescribing Relative Exercise Intensity: Physiological and Practical Considerations. **Sports Medicine**, v. 43, n. 7, p. 613–625, jul. 2013. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0045-x>.
- MANZI, V.; BOVENZI, A.; CASTAGNA, C.; SALIMEI, P. S.; VOLTERRANI, M.; IELLAMO, F. Training-Load Distribution in Endurance Runners: Objective Versus Subjective Assessment. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 10, n. 8, p. 1023–1028, nov. 2015. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2014-0557>.
- MENEGHELO, R. S.; ARAÚJO, C. G. S.; STEIN, R.; MASTROCOLLA, L. E.; ALBUQUERQUE, P.F.; SERRA, S.M. III Diretrizes Da Sociedade Brasileira De Cardiologia Sobre Teste Ergométrico. **Arq Bras Cardiol**. v. 95, n. 5, pp. 1-26, 2010.
- MIDGLEY, A. W.; CARROLL, S.; MARCHANT, D.; MCNAUGHTON, L. R.; SIEGLER, J. Evaluation of true maximal oxygen uptake based on a novel set of standardized criteria. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 34, n. 2, p. 115–123, abr. 2009. <https://doi.org/10.1139/H08-146>.
- MIDGLEY, A. W.; MCNAUGHTON, L. R.; CARROLL, S. Verification phase as a useful tool in the determination of the maximal oxygen uptake of distance runners. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 31, n. 5, p. 541–548, out. 2006. <https://doi.org/10.1139/h06-023>.
- MIYAMURA, M.; HONDA, Y. Oxygen intake and cardiac output during maximal treadmill and bicycle exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 32, n. 2, p. 185–188, fev. 1972.
- MUKAKA, M. M. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal: The Journal of Medical Association of Malawi**, v. 24, n. 3, p. 69–71, set. 2012.
- MUÑOZ, I.; SEILER, S.; BAUTISTA, J.; ESPAÑA, J.; LARUMBE, E.; ESTEVE-LANAO, J. Does Polarized Training Improve Performance in Recreational Runners? **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 9, n. 2, p. 265–272, mar. 2014. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2012-0350>.
- MURGATROYD, S. R.; WYLDE, L. A.; CANNON, D. T.; WARD, S. A.; ROSSITER, H. B. A ‘ramp-sprint’ protocol to characterise indices of aerobic function and exercise intensity domains in a single laboratory test. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 9, p. 1863–1874, set. 2014. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2908-8>.
- MURIAS, J. M.; POGLIAGHI, S.; PATERSON, D. H. Measurement of a True $\dot{V}O_2\text{max}$ during a Ramp Incremental Test Is Not Confirmed by a Verification Phase. **Frontiers in Physiology**, v. 9, p. 143, 27 fev. 2018. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00143>.
- MYERS, J.; BUCHANAN, N.; WALSH, D.; KRAEMER, M.; MCAULEY, P.; HAMILTON-WESSLER, M.; FROELICHER, V. F. Comparison of the ramp versus standard exercise protocols. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 17, n. 6, p. 1334–1342, maio 1991. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(10\)80144-5](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(10)80144-5).

- NOAKES, T. D. How did A V Hill understand the VO₂max and the “plateau phenomenon”? Still no clarity? **British Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 7, p. 574–580, 18 abr. 2008. <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.046771>.
- PAPOTI, M.; DA SILVA, A. S.; ARAUJO, G.; SANTIAGO, V.; MARTINS, L. E.; CUNHA, S.; GOBATTO, C. Aerobic and Anaerobic Performances in Tethered Swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v. 34, n. 08, p. 712–719, 4 fev. 2013. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1291250>.
- PESSÔA FILHO, D. M.; MASSINI, D. A.; SIQUEIRA, L. O. C.; SANTOS, L. G. A.; VASCONCELOS, C. M. T.; ALMEIDA, T. A. F.; ESPADA, M. A. C.; REIS, J. F.; ALVES, F. B.; DIMENNA, F. J. A Rapidly Incremented Tethered-Swimming Maximal Protocol for Cardiorespiratory Assessment of Swimmers. **Journal of Visualized Experiments**, n. 155, p. 60630, 28 jan. 2020. <https://doi.org/10.3791/60630>.
- PESSÔA FILHO, D. M.; SIQUEIRA, L. O. C.; SIMIONATO, A. R.; ESPADA, M. A. C.; PESTANA, D. S.; DIMENNA, F. J. A Rapidly-Incremented Tethered-Swimming Test for Defining Domain-Specific Training Zones. **Journal of Human Kinetics**, v. 57, n. 1, p. 117–128, 22 jun. 2017. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0053>.
- PINNA, M.; MILIA, R.; ROBERTO, S.; MARONGIU, E.; OLLA, S.; LOI, A.; ORTU, M.; MIGLIACCIO, G. M.; TOCCO, F.; CONCU, A.; CRISAFULLI, A. Assessment of the specificity of cardiopulmonary response during tethered swimming using a new snorkel device. **The Journal of Physiological Sciences**, v. 63, n. 1, p. 7–16, jan. 2013. <https://doi.org/10.1007/s12576-012-0226-7>.
- POOLE, D. C.; JONES, A. M. Measurement of the maximum oxygen uptake $\dot{V}O_{2max}$: $\dot{V}O_{2peak}$ is no longer acceptable. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 4, p. 997–1002, 1 abr. 2017. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01063.2016>.
- POOLE, D. C.; WILKERSON, D. P.; JONES, A. M. Validity of criteria for establishing maximal O₂ uptake during ramp exercise tests. **European Journal of Applied Physiology**, v. 102, n. 4, p. 403–410, mar. 2008. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0596-3>.
- POSNER, J. D.; GORMAN, K. M.; KLEIN, H. S.; CLINE, C. J. Ventilatory threshold: measurement and variation with age. **Journal of Applied Physiology**, v. 63, n. 4, p. 1519–1525, 1 out. 1987. <https://doi.org/10.1152/jappl.1987.63.4.1519>.
- REIS, J. F.; ALVES, F. B.; BRUNO, P. M.; VLECK, V.; MILLET, G. P. Oxygen uptake kinetics and middle distance swimming performance. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 15, n. 1, p. 58–63, jan. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2011.05.012>.
- RIEBE, D. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. 10. ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2018. 472 p.
- RINEHARDT, K.; KRAEMER, R.; GORMELY, S.; COLAN, S. Comparison of Maximal Oxygen Uptakes from the Tethered, the 183- and 457-Meter Unimpeded Supramaximal Freestyle Swims. **International Journal of Sports Medicine**, v. 12, n. 01, p. 6–9, fev. 1991. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1024646>.

ROELS, B. Specificity of $\dot{V}O_2\text{MAX}$ and the ventilatory threshold in free swimming and cycle ergometry: comparison between triathletes and swimmers. **British Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 12, p. 965–968, 1 dez. 2005. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.020404>.

ROSSITER, H. B.; KOWALCHUK, J. M.; WHIPP, B. J. A test to establish maximum O_2 uptake despite no plateau in the O_2 uptake response to ramp incremental exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 3, p. 764–770, mar. 2006. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00932.2005>.

SANCHEZ, R. R.; SOSA, E. V.; ACEVEDO, E. A. Valoración de la capacidad física mediante prueba ergométrica en jóvenes sanos. **Rev cubana med**, Ciudad de la Habana, v. 39, n. 1, p. 42-48, marzo 2000. Disponible en <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75232000000100007&lng=es&nrm=iso>. accedido en 25 sept. 2021.

SCHARHAG-ROSENBERGER, F.; MEYER, T.; GÄSSLER, N.; FAUDE, O.; KINDERMANN, W. Exercise at given percentages of $VO_2\text{max}$: Heterogeneous metabolic responses between individuals. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, n. 1, p. 74–79, jan. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.12.626>.

SEILER, K. S.; KJERLAND, G. O. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution? **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 16, n. 1, p. 49–56, fev. 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2004.00418.x>.

SOUSA, A.; FIGUEIREDO, P.; PENDERGAST, D.; KJENDLIE, P.-L.; VILAS-BOAS, J. P.; FERNANDES, R. J. Critical Evaluation of Oxygen-Uptake Assessment in Swimming. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 9, n. 2, p. 190–202, mar. 2014. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0374>.

TANAKA, H.; MONAHAN, K. D.; SEALS, D. R. Age-predicted maximal heart rate revisited. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 37, n. 1, p. 153–156, jan. 2001. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(00\)01054-8](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(00)01054-8).

TAYLOR, H. L.; BUSKIRK, E.; HENSCHER, A. Maximal Oxygen Intake as an Objective Measure of Cardio-Respiratory Performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 8, n. 1, p. 73–80, jul. 1955. <https://doi.org/10.1152/jappl.1955.8.1.73>.

THODEN, J. S.; WILSON, B. A.; MACDOUGALL, J. D. Testing aerobic power. In: MACDOUGALL, J. D.; WENGER, R. D.; GREEN, H. J. Physiological testing of the elite athlete. **Movement Publications**, Inc., p.40-60, 1982.

WAGNER, P. D. New ideas on limitations to $VO_2\text{max}$. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 28, n. 1, p. 10–14, jan. 2000.

WAKAYOSHI, K.; D'ACQUISTO, L.; CAPPAERT, J.; TROUP, J. Relationship Between Oxygen Uptake, Stroke Rate and Swimming Velocity in Competitive Swimming. **International Journal of Sports Medicine**, v. 16, n. 01, p. 19–23, jan. 1995. <https://doi.org/10.1055/s-2007-972957>.

WASSERMAN, K.; HAUSEN, J. E.; SUE, D. Y.; WHIPP, B. J.; CASABURI, R. **Principles of exercise testing and interpretation**. 2nd. ed. Philadelphia: Editora Lea e Febiger, 1994.

WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **The American Journal of Cardiology**, v. 14, n. 6, p. 844–852, dez. 1964. [https://doi.org/10.1016/0002-9149\(64\)90012-8](https://doi.org/10.1016/0002-9149(64)90012-8).

WASSERMAN, K.; WHIPP, B. J. Exercise Physiology in Health and Disease. v. 112, p. 31, 1975.

WEATHERWAX, R.; RICHARDSON, T.; BELTZ, N.; NOLAN, P.; DALLECK, L. Verification Testing to Confirm VO₂max in Altitude-Residing, Endurance-Trained Runners. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 07, p. 525–530, 29 abr. 2016. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1569346>.

WELTMAN, J.; SEIP, R.; LEVINE, S.; SNEAD, D.; ROGOL, A.; WELTMAN, A. Prediction of Lactate Threshold and Fixed Blood Lactate Concentrations from 3200-m Time Trial Running Performance in Untrained Females*. **International Journal of Sports Medicine**, v. 10, n. 03, p. 207–211, fev. 1989. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1024902>.

WHIPP, B. J.; DAVIS, J. A.; WASSERMAN, K. Ventilatory control of the 'isocapnic buffering' region in rapidly-incremental exercise. **Respiration Physiology**, v. 76, n. 3, p. 357–367, jun. 1989. [https://doi.org/10.1016/0034-5687\(89\)90076-5](https://doi.org/10.1016/0034-5687(89)90076-5).

YEATER, R. A.; MARTIN, R. B.; WHITE, M. K.; GILSON, K. H. Tethered swimming forces in the crawl, breast and back strokes and their relationship to competitive performance. **Journal of Biomechanics**, v. 14, n. 8, p. 527–537, jan. 1981. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(81\)90002-6](https://doi.org/10.1016/0021-9290(81)90002-6).

XU, F.; RHODES, E. C. Oxygen Uptake Kinetics During Exercise: **Sports Medicine**, v. 27, n. 5, p. 313–327, 1999. <https://doi.org/10.2165/00007256-199927050-00003>.

10 ANEXO I – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto de pesquisa: “PROPOSIÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM PROTOCOLO DE TESTE PROGRESSIVO TIPO RAMPA EM NADO LIVRE E A FIDEDIGNIDADE DO NADO-ATADO EM CONFIGURAR CONDIÇÕES SIMILARES DE ESFORÇO”

Pesquisador Responsável: Camila Midori Takemoto Vasconcelos

Nome do participante: _____

Data de nascimento: _____

Você está sendo convidado (a) para ser participante do Projeto de pesquisa intitulado “PROPOSIÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM PROTOCOLO DE TESTE PROGRESSIVO TIPO RAMPA EM NADO LIVRE E A FIDEDIGNIDADE DO NADO-ATADO EM CONFIGURAR CONDIÇÕES SIMILARES DE ESFORÇO” de responsabilidade do (a) pesquisador (a) Camila Midoti Takemoto Vasconcelos. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte sobre qualquer dúvida que você tiver. Caso se sinta esclarecido (a) sobre as informações que estão neste Termo e aceite fazer parte do estudo, peço que assine ao final deste documento, em duas vias, sendo uma via sua e a outra do pesquisador responsável pela pesquisa. Saiba que você tem total direito de não querer participar.

1 - Este projeto pretende contribuir com novos dados e descobertas no que diz respeito as respostas fisiológicas de nadadores em exercícios máximos e submáximos, com o objetivo de delinear um protocolo de rampa em nado livre para a avaliação do VO₂pico, bem como validar a obtenção de um máximo esforço e máxima resposta oxidativa pelo teste de confirmação.

2 - A participação nesta pesquisa consistirá num período previsto de 1 a 2 semanas, com duração prevista de cada sessão experimental de 60 a 120 minutos. Os procedimentos a serem realizados serão os seguintes: A análise cardiorrespiratória do ar expirado, em situação de nado, será realizada em todas as sessões através da utilização de um analisador de gases “breath-by-breath” (K4b2, Cosmed, Italia). O analisador será acoplado ao atleta através de um tubo respiratório, “snorkel” (Aquatrainner, Cosmed, Itália). O atleta utilizará também um frequencímetro Polar® série S810 e software específico “Polar Precision Performance™ Software”, para o registo constante da frequência cardíaca, enquanto para o doseamento do lactato sanguíneo a coleta de sangue será realizada no lóbulo da orelha em tubos de ensaio (Eppendorf) para armazenamento e posterior análise enzimática pelo Lactímetro 2500 STAT (Yellow Spring). Cada participante irá participar em 6 sessões experimentais, totalizando 3 visitas ao laboratório com intervalo mínimo de 24 horas entre as visitas.

3. Durante a execução da pesquisa poderão ocorrer riscos, entretanto visto os participantes serão atletas bem treinados os riscos são mínimos. No entanto em alguns testes, devido ao seu carácter de intensidade máxima, poderá causar algum desconforto natural da prática de exercício vigoroso.
4. Os benefícios com a participação nesta pesquisa serão a de participação num estudo de investigação inovador na área do treino desportivo. Acesso teórico e prático a metodologias de elevada qualidade e pertinência no contexto científico.
5. Os participantes não terão nenhuma despesa ao participar da pesquisa e poderão retirar sua concordância na continuidade da pesquisa a qualquer momento.
6. Caso ocorra algum dano comprovadamente decorrente da participação no estudo, os voluntários poderão pleitear indenização, segundo as determinações do Código Civil (Lei nº 10.406 de 2002) e das Resoluções 466/12 e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde.
7. O nome dos participantes será mantido em sigilo, assegurando assim a sua privacidade, e se desejarem terão livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que queiram saber antes, durante e depois da sua participação.
8. Os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente para fins desta pesquisa, e os resultados poderão ser publicados.

Qualquer dúvida, pedimos a gentileza de entrar em contato com Camila Midori Takemoto Vasconcelos, pesquisador (a) responsável pela pesquisa, telefone: 11 984496792, e-mail: camismidori@gmail.com, ou com o Professor Doutor Dalton Müller Pessoa Filho, orientador responsável pela pesquisa em questão.

Assinatura do Consentimento Informado, Livre e Esclarecido

Li (ou alguém leu para mim) o presente documento e estou consciente do que esperar quanto à minha participação no estudo “PROPOSIÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM PROTOCOLO DE TESTE PROGRESSIVO TIPO RAMPA EM NADO LIVRE E A FIDEDIGNIDADE DO NADO-ATADO EM CONFIGURAR CONDIÇÕES SIMILARES DE ESFORÇO”. Tive a oportunidade de colocar todas as questões e as respostas esclareceram todas as minhas dúvidas. Assim, aceito voluntariamente participar neste estudo. Foi-me dada uma cópia deste documento.

Nome do participante

Assinatura do participante

Nome do representante legal (se necessário)

Assinatura do representante

Nome do pesquisador

Assinatura do pesquisador

Bauru, ____ de _____ de 20__.