

# Comparação das respostas cardiorrespiratórias de repouso entre os meios terrestre e aquático

## *Comparison of cardiorespiratory responses at rest between land and water environments*

Cristine Lima Alberton<sup>1,2</sup>  
Paula Finatto<sup>2</sup>  
Stephanie Santana Pinto<sup>1,2</sup>  
Amanda Haberland Antunes<sup>2,3</sup>  
Eduardo Lusa Cadore<sup>2</sup>  
Luiz Fernando Martins Kruehl<sup>2</sup>

### Resumo

Os menores valores de frequência cardíaca (FC) no meio aquático são bem consolidados na literatura. No entanto, as respostas de consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) e pulso de oxigênio (Pulso $O_2$ ) em imersão em repouso são menos investigadas e os estudos que realizaram tal análise apresentam diferentes resultados, permanecendo uma lacuna acerca dessa comparação na literatura. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi analisar os valores de FC,  $VO_2$  e Pulso $O_2$  em repouso nos meios terrestre e aquático. Sessenta mulheres ( $24,0 \pm 2,5$  anos) participaram do presente estudo. Inicialmente, as participantes permaneceram 30 minutos em repouso em decúbito dorsal fora da água. A seguir, os valores de FC,  $VO_2$  e Pulso $O_2$  foram avaliados na posição ortostática nos meios terrestre (MT) e aquático (MA). Utilizou-se Teste T pareado para comparar as variáveis entre os meios, adotando-se um alfa de 5%. Como resultados, a FC apresentou redução significativa do MT para o MA. Por outro lado, observou-se aumento significativo nas variáveis  $VO_2$  e Pulso $O_2$  da situação de repouso em MT para MA. Portanto, as respostas cardiorrespiratórias diferem entre os meios aquático e terrestre, sendo que as respostas de FC são reduzidas enquanto as de  $VO_2$  e Pulso $O_2$  são incrementadas com a imersão em repouso.

### Palavras-chave

Frequência Cardíaca; Pulso de Oxigênio; Consumo de Oxigênio; Imersão.

### Abstract

*The lower values of heart rate (HR) in the aquatic environment are well-established in the literature. However, the oxygen consumption ( $VO_2$ ) and oxygen pulse (Pulse $O_2$ ) responses in immersion at rest are poorly investigated, and the studies that performed such analysis show different results, remaining a gap in the literature about this comparison. Thus, the purpose of the present study was to analyze the HR,  $VO_2$  and Pulse $O_2$  values at rest on dry land and in the aquatic environments. Sixty young women ( $24.0 \pm 2.5$  years) participated of the present study. Initially, the participants remained 30 minutes at rest in the supine position out of water. Then, the HR,  $VO_2$  and Pulse $O_2$  were assessed in the orthostatic position on dry land (DL) and in the aquatic environments (AE). Paired T test was used to compare the variables between the environments, adopting an alpha level of 5%. As results, the HR presented a significant reduction from DL to the AE. On the other hand, it was observed a significant increase in the  $VO_2$  and Pulse $O_2$  at rest from the DL to AE. Therefore, the results demonstrated that the environment exerts influence on the cardiorespiratory response, because the HR responses are reduced, while the  $VO_2$  and Pulse $O_2$  are increased with the immersion at rest.*

### Keywords

*Heart Rate; Oxygen Pulse; Oxygen Consumption; Immersion.*

## INTRODUÇÃO

Os efeitos da imersão hídrica sobre o corpo humano têm sido atribuídos à pressão hidrostática e ao efeito térmico da água<sup>1-3</sup>. Essas características podem interferir no retorno venoso e na resistência vascular periférica<sup>4,5</sup> gerando alterações nas respostas cardiorrespiratórias de indivíduos imersos no meio aquático, tanto nas situações de repouso<sup>2,3,6,7</sup> como de exercício máximo e submáximo<sup>8-10</sup>.

Sabe-se que, quando comparadas as situações entre terra e água, há influência do meio nos valores de frequência cardíaca (FC) de repouso, sendo esses mais baixos no meio aquático<sup>11-14</sup>. No entanto, a magnitude de tal redução pode variar com a profundidade de imersão<sup>6,15,16</sup> ou temperatura da água<sup>1,5,13,17,18</sup>, sendo que a redução da FC é maior quanto maior a profundidade de imersão e/ou menor a temperatura da água (exceto em imersão em temperaturas muito frias<sup>3</sup>).

O consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), importante marcador fisiológico, também é influenciado pela imersão. Seus níveis durante o repouso no ambiente aquático foram investigados nas últimas décadas<sup>1,2,7</sup>. Enquanto alguns autores observaram um aumento do  $VO_2$  em repouso durante a imersão<sup>2,19</sup>, outros não encontraram alterações dessa variável entre os meios aquático e terrestre<sup>1,5,11,20</sup>. No entanto, diferentes situações experimentais foram utilizadas nos estudos citados, no que se refere à escolha da temperatura da água, profundidade de imersão e posição corporal. Portanto, permanece uma lacuna acerca do comportamento dessa variável entre os meios na situação de repouso.

Uma vez que a FC e o  $VO_2$  modificam-se com a imersão, o pulso de oxigênio (Pulso $O_2$ ), que é o produto do volume sistólico pela diferença arteriovenosa de oxigênio, representado pela razão entre o  $VO_2$  e a FC, provavelmente também é influenciado por alterações no débito cardíaco e na redistribuição sanguínea pela troca do ambiente terrestre para o aquático. Todavia, poucos estudos sobre essa variável encontram-se na literatura avaliando seus valores entre diferentes meios, e esses estudos analisaram situações de exercício, tais como caminhada em esteira subaquática<sup>1</sup> e cicloergômetro aquático<sup>11</sup>, em vez de imersão na situação de repouso. Uma tendência de redução nos valores de Pulso $O_2$  foi observada durante o exercício em imersão, visto que a FC aumenta desproporcionalmente ao aumento do  $VO_2$  em exercícios aquáticos<sup>1,11</sup>. Nesse sentido, o aprofundamento dessas respostas em repouso faz-se necessário para compreender a influência da imersão nos valores de Pulso $O_2$ .

Devido ao comportamento alterado nas respostas cardiorrespiratórias durante a imersão, o exercício aquático não deve ser prescrito com base nos parâmetros terrestres, pois tais valores não se aplicam adequadamente a esse meio. Nesse sentido, os profissionais que trabalham com atividade física no meio aquático devem compreender o impacto promovido pela imersão sobre as repostas cardiorrespiratórias em repouso, para posteriormente aplicar esse conhecimento durante a prescrição de exercícios na água. Considerando as lacunas na literatura pesquisada, o objetivo do presente estudo foi analisar os valores de FC,  $VO_2$  e Pulso $O_2$  em repouso na posição ortostática entre os meios terrestre e aquático.

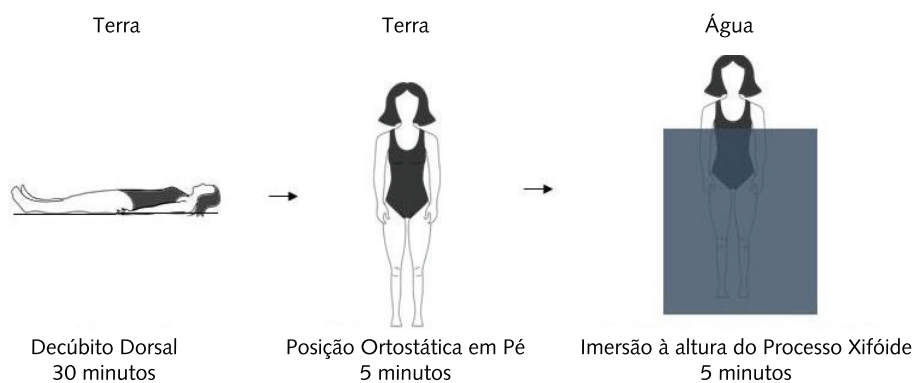
## MÉTODOS

Para a realização deste estudo foram recrutadas 60 mulheres jovens ativas, aparentemente saudáveis, com idade entre 19 e 29 anos (média  $\pm$  DP – idade: 24,0  $\pm$  2,5 anos, massa corporal: 60,0  $\pm$  6,7 kg, estatura: 163,3  $\pm$  6,7 cm, gordura corporal: 29,3  $\pm$  5,0%). Os critérios de inclusão da amostra foram ser ambientada ao meio líquido e

a exercícios aquáticos, realizar exercícios físicos no mínimo três vezes por semana e apresentar um ciclo menstrual regular. Por outro lado, os critérios de exclusão foram ser atleta, fumante, utilizar alguma medicação (com exceção de contraceptivo) e apresentar doenças cardíacas ou pulmonares, diagnosticadas através de uma anamnese. Todas as participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e conduzido de acordo com a Declaração de Helsinki de 1964 e de acordo com a resolução 196/96 do Ministério da Saúde. A amostra foi selecionada por voluntariedade através de convite verbal feito às alunas do curso de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EsEF – UFRGS).

Anteriormente ao início do protocolo de coletas, os indivíduos da amostra participaram de avaliações preliminares nas quais foram obtidos os valores de massa corporal, estatura e dobras cutâneas. Para tanto, foram utilizadas uma balança de alavanca (Filizola, São Paulo, Brasil, precisão de 100g) com estadiômetro acoplado (Filizola, São Paulo, Brasil, precisão de 1mm), e um plicômetro (Lange, Cambridge, Reino Unido, precisão 1mm). A partir dos valores das dobras cutâneas foi estimada a densidade corporal utilizando-se o protocolo proposto por Jackson et al.<sup>21</sup> e foi calculado o percentual de gordura por meio da equação de Siri<sup>22</sup>.

O protocolo de coleta de dados constituiu-se de uma única sessão para cada indivíduo realizada no Centro Natatório da EsEF-UFRGS. Inicialmente, os indivíduos permaneceram em repouso em decúbito dorsal fora da água, durante trinta minutos. Ao final desse período, as participantes da amostra posicionaram-se em ortostase no meio terrestre (MT) durante cinco minutos sendo as mensurações dos valores de FC e  $\text{VO}_2$  realizadas nos últimos três minutos. Após, os indivíduos foram conduzidos lentamente para a piscina, e mantiveram-se em repouso na posição ortostática no meio aquático (MA), em imersão no nível do processo xifóide, por cinco minutos, com coleta dos dados cardiorrespiratórios nos três minutos finais (Figura 1). A temperatura da água foi mantida entre 31 e 32°C. As avaliações foram realizadas em uma piscina com dimensões de 16 m de comprimento, 6 m de largura e variação entre 0,95 e 1,30 m de altura, permitindo o controle e ajuste da profundidade individualmente. Os indivíduos da amostra foram orientados a não consumirem substâncias estimulantes e não praticarem atividade física intensa nas 24h anteriores à sessão de coleta de dados. Além disso, as participantes deveriam estar em jejum de 3h<sup>23</sup>. As medidas foram realizadas sempre entre o oitavo e o vigésimo dia após a data do início da última menstruação a fim de evitar influências do período hormonal.



**Figura 1** – Desenho esquemático do protocolo de coleta de dados.

Para a coleta dos dados foi utilizado um analisador de gases do tipo caixa de mistura, modelo VO2000 da marca MedGraphics (Ann Arbor, EUA) e frequen-

címetro POLAR (S410, Kempele, Finlândia). Previamente ao início das coletas, o equipamento foi calibrado conforme orientações do fabricante. A taxa de amostragem dos valores coletados foi de uma amostra a cada 10 segundos e os dados foram obtidos através do software Aerograph (AeroSport Inc., Michigan, EUA).

Para a análise dos resultados foram consideradas as médias dos valores de  $VO_2$  e FC dos três minutos coletados em cada situação (MT e MA). A variável Pulso $O_2$  foi determinada para cada situação a partir da divisão do consumo de oxigênio absoluto ( $ml \cdot min^{-1}$ ) pela frequência cardíaca (bpm).

Para a análise estatística, realizou-se estatística descritiva, com os dados apresentados através de média  $\pm$  desvio padrão (DP). Verificou-se a normalidade através do teste de Shapiro-Wilk. Para comparar as variáveis  $VO_2$ , FC e Pulso $O_2$  entre as situações, utilizou-se o Teste T pareado. Os testes foram processados no programa SPSS versão 19.0, adotando-se um  $\alpha = 0,05$ .

## RESULTADOS

Conforme a Tabela 1 foi observada uma redução significativa da FC da posição ortostática em repouso no MT para MA. Por outro lado, para o  $VO_2$ , expresso tanto de forma absoluta como de forma relativa à massa corporal, assim como para o Pulso $O_2$ , observou-se um aumento significativo da situação de repouso em MT para MA.

**Tabela 1** – Resultados apresentados em média  $\pm$  desvio padrão (DP) para as variáveis frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio absoluto ( $VO_{2abs}$ ) e relativo ( $VO_{2rel}$ ) e pulso de oxigênio (Pulso $O_2$ ) nas situações de posição ortostática no meio terrestre (MT) e no meio aquático (MA).

Variável	MT	MA
	Média $\pm$ DP	Média $\pm$ DP
FC (bpm)	87,86 $\pm$ 12,29	69,79 $\pm$ 9,39*
$VO_{2abs}$ ( $l \cdot min^{-1}$ )	0,19 $\pm$ 0,03	0,20 $\pm$ 0,03*
$VO_{2rel}$ ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )	3,19 $\pm$ 0,51	3,47 $\pm$ 0,44*
Pulso $O_2$ ( $ml \cdot b^{-1}$ )	2,25 $\pm$ 0,62	3,02 $\pm$ 0,57*

\* Indica diferença significativa entre situações ( $p < 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo foram os maiores valores de  $VO_2$  e Pulso $O_2$  na situação de repouso em ortosase no meio aquático comparado ao meio terrestre. Além disso, o presente estudo também observou menores valores de FC na situação de repouso no meio aquático, resultados esses já bem consolidados na literatura.

Ao analisar os resultados da variável  $VO_2$ , observaram-se no presente estudo valores mais elevados na situação de repouso em MA quando comparada com a situação em MT. Esses resultados estão de acordo com aqueles de estudos prévios que também identificaram aumento significativo do  $VO_2$  em imersão<sup>2,19</sup>. Entretanto, observa-se discordância em relação a outros estudos que não identificaram tais diferenças entre MA e MT<sup>1,5,7,11,20</sup>. Alguns dos estudos que encontraram incrementos significativos no  $VO_2$  em imersão atribuíram esse aumento às diferentes temperaturas de imersão em repouso<sup>2,19</sup>. Nesses estudos, os autores indicam que, durante o repouso em imersão em água fria, ocorre um aumento no  $VO_2$  explicado pelo stress causado por temperaturas baixas, em torno de 15°C, que tendem a provocar tremores e vasoconstrição na superfície da pele, reflexos esses desencadeados pelos termorreceptores na pele<sup>2</sup>. Em contrapartida, Mekjavic & Bligh<sup>2</sup>

encontraram um aumento do  $\text{VO}_2$  não apenas durante a imersão em 10°, 15° e 20°C, como também em temperaturas de 28° e 40°C. Esses resultados indicam que, independentemente da temperatura da água utilizada, ocorre um aumento nas respostas de  $\text{VO}_2$  durante a imersão, assim como as respostas observadas no presente estudo (temperatura entre 31 e 32°C). Segundo esses autores, o aumento do  $\text{VO}_2$  em imersão está relacionado à modificação da pressão ambiente, chamada de pressão hidrostática. Assim, o aumento da pressão hidrostática deve ativar os barorreceptores, forçar a redistribuição do volume sanguíneo, transferindo sangue dos membros inferiores para o tórax. Por conseguinte, há uma maior passagem de sangue pelo coração e pulmões, aumentando a captação de oxigênio e, portanto, incrementando o  $\text{VO}_2$ .

Essas discussões sobre a redistribuição sanguínea em meio aquático também foram abordadas pelo estudo clássico de Arborelius et al.<sup>4</sup>, que analisou as alterações hemodinâmicas durante a imersão e observou maiores valores para o volume de ejeção e débito cardíaco durante a imersão quando comparada com a situação em terra, possivelmente devido a maior concentração sanguínea no tórax. Mais tarde, a confirmação dessa hipótese foi realizada por Park et al.<sup>5</sup> Nesse estudo, os autores também encontraram valores maiores para o volume de ejeção e débito cardíaco durante a imersão em repouso em água a temperatura de 30°C em comparação à situação a 34,5°C. Os autores atribuem essa variação ao aumento no volume sanguíneo na região do coração e pulmões, devido a uma maior pressão vascular central.

Por outro lado, Sheldahl et al.<sup>11</sup> não identificaram diferenças nas respostas do  $\text{VO}_2$  entre os meios terrestre e aquático, durante imersão até o nível dos ombros em temperatura de 31°C, situação semelhante a utilizada no presente estudo. Cabe salientar que os participantes desse estudo mantiveram-se em ambos os meios sentados em um cicloergômetro em postura reta. Logo, os indivíduos não permaneciam em pé, como a posição adotada no presente estudo, o que pode ter influenciado na ausência de diferenças significativas entre as situações devido ao menor recrutamento muscular na situação sentada comparada à situação de manutenção da postura em pé. Da mesma forma, o estudo de Gleim & Nicholas<sup>1</sup>, também não observou diferenças significativas nos valores de  $\text{VO}_2$  entre as situações de ortostase nos meios terrestre e aquático, em imersão em temperatura de 30,5°C. Contudo, as profundidades de imersão investigadas foram maléolo, patela, coxa e cicatriz umbilical, em contraste à profundidade de processo xifoide investigada no presente estudo. Especula-se que esses resultados foram encontrados devido às menores profundidades de imersão utilizadas no estudo dos autores supracitados, visto que quanto maior a profundidade de imersão, maior é a ação resultante da pressão hidrostática sobre o corpo e consequentemente, maiores são os ajustes cardiocirculatórios.

Na situação de exercício, o comportamento observado na literatura para o  $\text{VO}_2$  entre os meios difere do encontrado na situação de repouso. Enquanto alguns estudos que compararam exercícios similares entre MT e MA encontraram valores de  $\text{VO}_2$  semelhantes entre os ambientes<sup>11,20,24,25</sup> em esforços máximos e submáximos, outros estudos observaram respostas significativamente mais baixas no meio aquático<sup>10,26,27</sup>.

No presente estudo, a FC comportou-se de forma distinta quando comparada ao  $\text{VO}_2$ . Foi observado que os valores de FC são significativamente maiores na situação de repouso em MT em relação a MA. Tal resultado deve-se ao fato de que durante a imersão ocorre uma facilitação do retorno venoso devido à ação da pressão hidrostática, tendo como consequência um aumento no volume sanguíneo

central, devido à redistribuição do sangue venoso e fluido extracelular dos membros inferiores em direção à região central do corpo. Com o aumento do volume plasmático na região central, o coração e os vasos sanguíneos da circulação central são distendidos, gerando estimulação nos receptores de volume e pressão desses tecidos. Isso conduz a uma readaptação no sistema cardiovascular, aumentando a pressão venosa central, o débito cardíaco e o volume sistólico, para, enfim, diminuir a FC<sup>28</sup>.

Outro mecanismo que pode influenciar o comportamento da FC durante a imersão é o efeito térmico da água. Segundo Craig & Dvorak<sup>18</sup>, esse mecanismo age através da facilitação da troca de calor entre o corpo do indivíduo e o meio ambiente em que ele se encontra. Assim, a necessidade de distribuição sanguínea proveniente do tórax e abdômen para a superfície da pele é diminuída, redirecionando um maior volume sanguíneo para a região central, o que estimula os receptores de volume e de pressão do coração e sistema vascular central, e por consequência diminui a FC. Tal resposta mais baixa de FC no MA comparada ao MT está de acordo com a literatura<sup>3,5,6,14,15,28</sup>, que apresenta resultados sólidos acerca dessa variável. Todavia, alguns autores encontraram resultados distintos a esse, verificando a ausência de diferenças significativas entre os meios<sup>4,11,20</sup>. Ao encontro dos resultados do presente estudo, na situação de exercício, respostas significativamente menores de FC em intensidades máxima e submáxima foram observadas na literatura para modalidades de hidroginástica<sup>8,9</sup>, cicloergômetro aquático<sup>11,20</sup>, caminhada em piscina rasa<sup>26,27</sup> e corrida em piscina funda<sup>10,26,27</sup> comparadas ao ambiente terrestre.

Tendo em vista que durante o repouso em meio líquido tanto o  $VO_2$  quanto a FC são alterados de formas diferentes, como explanado anteriormente, o  $PulsoO_2$  também foi significativamente influenciado pelas alterações na redistribuição sanguínea devido à troca de ambiente, uma vez que ele representa a relação entre essas duas variáveis. No presente estudo, os resultados demonstraram um aumento de seus valores da situação de repouso em MT para MA. Esses resultados podem ser explicados pelo comportamento não proporcional da FC em relação ao  $VO_2$  durante a imersão em repouso. Esse resultado sugere um menor esforço cardiovascular em repouso em meio aquático uma vez que a FC tende a diminuir e o  $VO_2$  a aumentar, comportamento semelhante ao ocorrido em indivíduos treinados, que apresentam uma menor FC para um dado  $VO_2$ . Na literatura pesquisada, poucos estudos<sup>1,11</sup> foram encontrados investigando as respostas do  $PulsoO_2$  em imersão, e esses apresentaram os resultados de tal comparação em exercício e não em repouso. No estudo de Gleim & Nicholas<sup>1</sup> foram encontrados valores mais baixos para o  $PulsoO_2$  durante a caminhada em imersão no nível da cicatriz umbilical comparado a caminhada em meio terrestre. Da mesma forma, na pesquisa de Sheldahl et al.<sup>11</sup> também foram identificados menores valores no meio aquático durante exercício em cicloergômetro. Portanto, ainda que bem conhecidas em meio terrestre, as respostas do  $PulsoO_2$  durante a imersão em meio líquido tem sido pouco investigadas. O  $PulsoO_2$  pode ser considerado um importante indicador da capacidade cardiovascular muito utilizado para avaliação de pacientes com insuficiência cardíaca<sup>29,30</sup> e, até mesmo, em período pós-operatório<sup>31,32</sup>, portanto o conhecimento do seu comportamento em imersão é de grande valia, visto que as atividades aquáticas tem sido frequentemente indicadas para pessoas com problemas cardiovasculares<sup>33,34</sup>. Especula-se ainda que o resultado do presente estudo relacionado ao  $PulsoO_2$  em repouso possa ser transferido de forma positiva para a situação de exercício submáximo. Consequentemente o ambiente aquático poderia ser indicado de forma segura para pessoas com limitações cardíacas. Todavia, mais estudos que avaliem esta população em situações de repouso e exercício devem ser realizados com o intuito de fortalecer tais achados.

Em suma, foi observado que os valores de  $VO_2$  e  $PulsoO_2$  apresentam respostas maiores na posição ortostática em repouso no meio aquático, enquanto a FC apresenta valores menores em comparação à mesma situação no meio terrestre. Embora as variáveis respondam de formas diferentes, a causa dessas alterações deve-se aos mesmos mecanismos. Tais aspectos devem ser bem compreendidos por profissionais que trabalham com atividades físicas no meio aquático, de forma que a prescrição do exercício nesse meio seja adequada e individualizada de acordo com as necessidades e objetivos dos praticantes. Além disso, as respostas de  $PulsoO_2$  em imersão em repouso apresentam resultados novos na literatura, visto que a mesma é pouco investigada em imersão, além de ser uma variável importante a ser conhecida para a prescrição de atividade física aquática.

Nesse sentido, sugerimos como aplicação prática que o exercício em meio aquático pode ser favorável para o treinamento de pessoas que necessitam melhorar sua capacidade cardiorrespiratória com uma menor sobrecarga cardiovascular. Para uma correta prescrição de exercícios aeróbios nesse meio, o ideal seria a realização de testes máximos na água durante exercícios específicos<sup>9,35</sup> com medidas diretas de FC. Todavia, quando isso não é possível, como, por exemplo, em indivíduos com limitações cardiovasculares que não poderiam ser submetidos a testes de esforço máximo sem acompanhamento médico, tal como a situação geralmente encontrada nas piscinas de clubes e academias, equações de predição podem ser utilizadas a fim de corrigir a prescrição do MT para o MA e evitar cargas de treinamento superestimadas nesse meio. A equação com fator de correção individual proposta por Graef e Kruehl<sup>36</sup> sugere que a FC máxima ( $FC_{max}$ ) estimada para o meio aquático pode ser obtida através da diferença da  $FC_{max}$  obtida na terra e a redução da FC obtida na posição ortostática em repouso do MT para o MA ( $\Delta FC$ ), ou seja,  $FC_{max\ \text{água}} = FC_{max} - \Delta FC$ . Logo, seria necessário apenas realizar o procedimento descrito no presente estudo para medir o  $\Delta FC$ , e obter os dados de  $FC_{max}$  a partir de testes de esforço máximo no meio terrestre (como por exemplo, um eletrocardiograma de esforço) ou equações de estimativa. A partir do valor de  $FC_{max}$  estimado para o meio aquático, percentuais de treinamento podem ser calculados e zonas alvo podem ser estipuladas de acordo com os objetivos propostos. Todavia, o presente estudo foi realizado em repouso e com indivíduos saudáveis, portanto, tais resultados devem ser interpretados com cuidado, pois não se aplicam a todas as situações de exercício, tampouco para indivíduos com alguma limitação cardiovascular.

### Agradecimento/ Financiamento:

Agradecemos à CAPES e ao CNPq pelo apoio financeiro.

### Contribuições dos autores

- Cristine Lima Alberton – concepção do estudo, coleta de dados, análise de dados, elaboração do artigo, aprovação final do manuscrito.
- Paula Finatto – coleta de dados, análise de dados, elaboração do artigo, aprovação final do manuscrito.
- Stephanie Santana Pinto – coleta de dados, revisão crítica do conteúdo, aprovação final do manuscrito.
- Amanda Haberland Antunes – coleta de dados, análise de dados, aprovação final do manuscrito.
- Eduardo Lusa Cadore – coleta de dados, revisão crítica do conteúdo, aprovação final do manuscrito.

- Luiz Fernando Martins Krueel – concepção do estudo, revisão crítica do conteúdo, aprovação final do manuscrito.

## REFERÊNCIAS

1. Gleim GW, Nicholas JA. Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking in water at different depths and temperatures. *Am J Sports Med.*1989; 17(2):248-52.
2. Mekjavic IB, Bligh J. The increased oxygen uptake upon immersion. *J Appl Physiol.*1989; 58:556-62.
3. Srámek P, Simecková M, Janski L, Savlíková J, Vybíral S. Human Physiological responses to immersion into water of different temperatures. *Eur J Appl Physiol.* 2000;81:436-42.
4. Arborelius M, Balldin UI, Lilja B, Lundgren CEG. Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. *Aerospace Med.* 1972;43(6): 592-8.
5. Park KS, Choi JK, Park YS. Cardiovascular regulation during water immersion. *Appl Human Sci.* 1999;18(6):233-41.
6. Krueel LFM, Tartaruga LAP, Dias AC, Silva RC, Picanço PSP, Rangel AB. Frequência cardíaca durante imersão no meio aquático. *Fitness Perf.* 2002;1(6):46-51.
7. Krueel LFM, Coertjens M, Pinto SS, Alberton CL, Brentano MA. Efeito da imersão sobre o comportamento do consumo de oxigênio em repouso. *Rev Bras Ativ Fis e Saúde* 2006;11:25-31.
8. Alberton CL, Tartaruga MP, Pinto SS, Cadore EL, Silva EM, Krueel LFM. Cardiorespiratory responses to stationary running at different cadences in water and on land. *J Sports Med Phys Fitness.* 2009;49:142-151.
9. Alberton CL, Antunes AH, Beilke DD, Pinto SS, Kanitz AC, Tartaruga MP, Krueel, LFM. Maximal and ventilatory threshold of oxygen uptake and rating of perceived exertion responses to water aerobic exercises. *J Strength Cond Res.* 2013;27(7):1897-903.
10. Azevedo LB, Lambert MI, Zogaib OS, Barros Neto TL. Maximal and submaximal physiological responses to adaptation to deep water running. *J Sports Sci.* 2010;28:407-414.
11. Sheldahl LM, Wann LS, Clifford PS, Tristani FE, Wolf LG, Kalbeish JH. Effect of central hypervolemia on cardiac performance during exercise. *J Appl Physiol.* 1994;52:1662-7.
12. Rennie DW, Di Prampero P, Cerretelli P. Effects of water immersion on cardiac output, heart rate and stroke volume of man at rest and during exercise. *Med Sport.* 1971;24:223-8.
13. Graef F, Alberton, CL, Tartaruga LAP, Krueel LFM. Heart rate in immersed individuals over different water temperatures. *Rev Port Cienc Desp.* 2005;5(3):266-73.
14. Krueel LFM, Peyré-Tartaruga LA, Alberton CL, Müller FG, Petkowicz R. Effects of hydrostatic weight on heart rate during water immersion. *IJARE,* 2009;3:178-85.
15. Krueel LFM. Peso hidrostático e frequência cardíaca em pessoas submetidas a diferentes profundidades de água [dissertação de mestrado]. Universidade Federal de Santa Maria, Brasil, 1994.
16. Finkelstein I, Alberton CL, Figueredo PAP, Débora RG, Peyré-Tartaruga LA, Krueel LFM. Comportamento da Frequência Cardíaca, Pressão Arterial e Peso Hidrostático de Gestantes em Diferentes Profundidades de Imersão. *Rev Bras Ginecol Obstet.* 2004;26(9):685-90.
17. Craig AB, Dvorak M. Comparison of exercise in air and in water of different temperatures. *Med Sci Sports Exerc.*1969;3(1):124-30.
18. Craig AB, Dvorak M. Thermal regulation during water immersion. *J Appl Physiol.*1966;21:1577-85.
19. McArdle WD, Magel JR, Lesmes GR, Pechar GS. Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18, 25 and 33°C. *J Appl Physiol.*1976;40(1):85-90.
20. Christie JL, Sheldahl LM, Tristani FE, Wann LS, Sagar KB, Levandoski SG, et al. Cardiovascular regulation during head-out water immersion exercise. *J Appl Physiol.*1990;69(2):657-64.
21. Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc.*1980;12:175-82.
22. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. *Nutrition.*1993;9:480-91.
23. Cooke CB. Metabolic rate and energy balance. In: Eston R, Reilly T. Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual. London: E & FN Spon; 1996;175-95.



24. Silvers WM, Rutledge ER, Dolny DG. Peak Cardiorespiratory responses during aquatic and land treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:969-975.
25. Krue LFM, Beilke DD, Kanitz AC, Alberton CL, Antunes AH, Pantoja PD, et al. Cardiorespiratory Responses to Stationary Running in Water and on Land. *J Sports Sci Med.* 2013;12:594-600.
26. Town GP, Bradley SS. Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23:238-241.
27. Dowzer CN, Reilly T, Cable N, Nevill, A. Maximal physiological responses to deep and shallow water running. *Ergonomics.* 1999;42:275-281.
28. Watenpaugh DE, Pump B, Bie P, Norsk P. Does gender influence human cardiovascular and renal responses to water immersion? *J Appl Physiol.* 2000;89:621-8.
29. César MC, Montesano FT, Diniz RVZ, Almeida DR, Tebexreni AS, de Barros TL. Respostas cardiopulmonares ao exercício em pacientes com insuficiência cardíaca congestiva de diferentes faixas etárias. *Arq Bras Cardiol.* 2006;86(1):14-8.
30. Yu CCW, Li AM, Au CT, Mcmanus AM, So RCH, Lam H, et al. Follow up of aerobic capacity in children affected by severe acute respiratory syndrome. *Respirology.* 2012;17:513-8.
31. Serra-Grimaa R, Doñate M, Borrás X, Rissechb M, Puigc T, Albertd DC, et al. Prueba de esfuerzo con función cardiopulmonar en niños operados de cardiopatía congénita. Recomendaciones de ejercicio físico en el ámbito escolar. *Rev Esp Cardiol.* 2011;64(9):780-7.
32. Chiu H-H, Wu M-H, Wang S-S, Lan C, Chou N-K, Chen S-Y, et al. Cardiorespiratory function of pediatric heart transplant recipients in the early postoperative period. *Am J Phys Med Rehabil.* 2012;91:156-61.
33. Cider A, Schaufelberger M, Stibrant SK, Anderson B. Aquatic exercise is effective in improving exercise performance in patients with heart failure and type 2 Diabetes Mellitus. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2012; Article ID 349209, 8 pages.
34. Carvalho VO, Bocchi EA, Guimarães GV. The Borg Scale as an important tool for self-monitoring and self-regulation of exercise prescription in heart failure patients during hydrotherapy – A randomized blinded controlled trial. *Cir J.* 2009;73:1871-76.
35. Alberton CL, Krue LFM. Influência da imersão nas respostas cardiorrespiratórias em repouso, *Rev Bras Med Esp.* 2009;15(3):228-32.
36. Graef FI, Krue LFM. Frequência cardíaca e percepção subjetiva do esforço no meio aquático: diferenças em relação ao meio terrestre e aplicações na prescrição do exercício – uma revisão. *Rev Bras Med Esporte* 2006;12:221-228.

**Endereço para Correspondência**

Paula Finatto  
Rua Felizardo, 750 – Jardim Botânico.  
Laboratório de Pesquisa do Exercício,  
sala 208. CEP: 90690-200  
Porto Alegre, RS, Brasil  
E-mail: paula.finatto@hotmail.com

**Recebido** 30/06/2013  
**Revisado** 20/08/2013  
13/09/2013  
**Aprovado** 14/09/2013