

## Ponto de deflexão da frequência cardíaca como método não invasivo para determinar o limiar anaeróbico no meio aquático em idosas treinadas

### Heart rate deflection point as a non-invasive method to determine the anaerobic threshold in trained elderly women in the aquatic environment

Luana Siqueira Andrade<sup>1</sup> , Mariana Silva Häfele<sup>1</sup> , Gustavo Zaccaria Schaun<sup>1,2</sup> , Samara Nickel Rodrigues<sup>1</sup> , Mariana Borba Gomes<sup>1</sup> , Gabriela Barreto David<sup>1</sup> , Stephanie Santana Pinto<sup>1</sup> , Cristine Lima Alberton<sup>1</sup> .

1. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.  
2. University of Alabama at Birmingham, Birmingham, AL, USA.

#### RESUMO

**Introdução:** A determinação do limiar anaeróbico (LAN) é importante na individualização da prescrição do treinamento aeróbico. **Objetivo:** Comparar e verificar a concordância das respostas de consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), frequência cardíaca (FC) e índice de esforço percebido (IEP) correspondentes ao LAN determinado através dos métodos ventilatório (LV) e ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) durante um teste incremental no meio aquático realizado por idosas treinadas. **Métodos:** Nove idosas ( $64,3 \pm 4,4$  anos), engajadas em um programa de hidroginástica nos últimos três meses, realizaram um teste máximo incremental com o exercício de corrida estacionária. O teste iniciou com uma cadência de  $70 \text{ b}\cdot\text{min}^{-1}$  durante 2 min, seguida de aumentos de  $15 \text{ b}\cdot\text{min}^{-1}$  a cada 2 min até a exaustão. Dados de  $VO_2$ , FC e IEP foram medidos ao longo do teste. O LAN foi identificado para cada método por três fisiologistas experientes. Teste T pareado e análise de Bland-Altman foram utilizados para a análise dos dados ( $\alpha=0,05$ ). **Resultados:** Não houve diferença entre os métodos LV e PDFC ( $p>0,05$ ) e a análise de Bland-Altman demonstrou concordância aceitável entre eles para todas as variáveis analisadas ( $VO_2$ :  $22,9 \pm 5,1$  vs.  $23,5 \pm 4,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , IC95%:  $-3$  a  $+4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ; FC:  $147 \pm 11$  vs.  $147 \pm 11 \text{ bpm}$ , IC95%:  $-9$  a  $+8 \text{ bpm}$ ; IEP:  $16 \pm 1$  vs.  $16 \pm 1$ , IC95%:  $-2$  a  $+3$ ). **Conclusão:** Com base nesses achados, sugere-se que a FC e o IEP determinados pelo PDFC podem ser utilizados como parâmetros válidos e ferramentas práticas de campo para a prescrição de intensidade de exercícios de hidroginástica em idosas treinadas.

**Palavras-chave:** Exercício físico, Envelhecimento, Teste de esforço, Hidroterapia, Consumo de oxigênio.

#### ABSTRACT

**Introduction:** The anaerobic threshold (AT) determination is important for individualizing the aerobic training prescription. **Objective:** To compare and verify the agreement between oxygen uptake ( $VO_2$ ), heart rate (HR), and rate of perceived exertion (RPE) at the AT determined by the ventilatory threshold (VT) and heart rate deflection point (HRDP) methods during an aquatic incremental test in trained older women. **Methods:** Nine elderly women ( $64.3 \pm 4.4$  years) engaged in a water-based training program in the last three months performed a maximum incremental test using the water-based stationary running exercise. The test started at a  $70 \text{ b}\cdot\text{min}^{-1}$  cadence for 2 min, followed by  $15 \text{ b}\cdot\text{min}^{-1}$  increments every 2 min until exhaustion.  $VO_2$ , HR and RPE were measured throughout the test and the AT was identified for each method (i.e., VT and HRDP) by three experienced physiologists. Paired t-test and Bland-Altman analysis were used for data analysis ( $\alpha=0.05$ ). **Results:** There was no difference between the VT and HRDP methods ( $p>0.05$ ) and the Bland-Altman analysis showed acceptable agreement between them for all investigated outcomes ( $VO_2$ :  $22.9 \pm 5.1$  vs.  $23.5 \pm 4.7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , IC95%:  $-3$  to  $+4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ; HR:  $147 \pm 11$  vs.  $147 \pm 11 \text{ bpm}$ , IC95%:  $-9$  to  $+8 \text{ bpm}$ ; RPE:  $16 \pm 1$  vs.  $16 \pm 1$ , IC95%:  $-2$  to  $+3$ ). **Conclusion:** Based on these findings, both HR and RPE determined by the HRDP can be used as valid parameters and practical tools for field prescription of intensity during water-based exercises in elderly trained women.

**Key-words:** Exercise, Aging, Exercise test, Hydrotherapy, Oxygen consumption.

Recebido em: 15 de junho de 2020; Aceito em: 29 de outubro de 2020.

Correspondência: Luana Siqueira Andrade, Luís de Camões Street, nº 625, 96055-630 Pelotas RS, Brasil. [andradelu94@gmail.com](mailto:andradelu94@gmail.com)

## Introdução

A imersão no meio aquático expõe o corpo a condições distintas do meio terrestre devido à pressão hidrostática e a maior termocondutividade da água [1]. Essas diferenças levam a alterações nas respostas cardiovasculares, neuroendócrinas e metabólicas [2,3], com impacto sobre as respostas de frequência cardíaca (FC) e consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) máximos e submáximos [4,5]. Portanto, a avaliação e prescrição de exercícios no meio aquático devem considerar essas alterações para garantir o controle adequado da intensidade do treinamento nesse ambiente. Neste sentido, uma das formas de prescrição mais precisas, individualizadas e indicadas para o treinamento no meio aquático tem sido o uso da FC ou o índice de esforço percebido (IEP), considerando sua relação com o limiar anaeróbio (LAN) determinado no próprio meio [6–8]. O LAN é o ponto de transição da predominância do sistema aeróbio para o anaeróbio, podendo ser utilizado para uma prescrição da intensidade de exercícios aeróbios mais precisa e individualizada [9].

No entanto, as medidas padrão-ouro para a determinação do LAN (métodos ventilatórios ou lactacidemia) requerem equipamentos sofisticados, são considerados procedimentos custosos para uso em larga escala (academias e clubes esportivos), além da determinação de lactato ser considerada uma técnica invasiva. Nesse contexto, o ponto de deflexão da FC (PDFC) pode ser considerado como um método de determinação de LAN mais prático, menos custoso e não invasivo, visto que se baseia na relação curvilínea entre FC e intensidade de esforço [10]. Esse método foi validado utilizando a modalidade de corrida no meio terrestre [10], sendo subsequentemente aplicado em vários protocolos e populações também no meio terrestre [11–15]. Nos últimos anos, a aplicação do PDFC para a determinação do LAN em exercícios no meio aquático tem sido investigada, mas os protocolos foram desenvolvidos e aplicados apenas em indivíduos jovens. Baseado nesses estudos, os parâmetros fisiológicos (FC e  $VO_2$ ) e psicofisiológicos (IEP) correspondentes têm mostrado ser semelhantes e válidos quando comparados aos mesmos determinados pelo segundo limiar ventilatório (LV) [16–18] e limiar de lactato (LL) [19]. No entanto, tais parâmetros ainda não foram investigados em indivíduos idosos, assim como praticantes treinados em hidroginástica. Sabe-se que o processo de envelhecimento tem impacto negativo sobre o condicionamento cardiorrespiratório [20], provocando redução na FC e no  $VO_2$  tanto máximos como submáximos (e.g., LAN). Além disso, programas com exercícios aeróbios de hidroginástica têm demonstrado ser uma ferramenta importante para a minimização de tais prejuízos, uma vez que proporcionam benefícios em variáveis cardiorrespiratórias, neuromusculares, funcionais e de qualidade de vida em idosos [7,21]. Ademais, tais exercícios são tradicionalmente indicados para a população idosa por proporcionarem um baixo impacto nas articulações dos membros inferiores [22] e uma menor sobrecarga cardiovascular [23] quando comparada ao meio terrestre.

Nesse sentido, uma vez que a FC e o IEP têm sido indicadores de intensidade amplamente utilizados para controle da intensidade, durante sessões de treinamento de hidroginástica em indivíduos idosos [7,24–28], sua determinação associada ao LAN torna-se fundamental. Além disso, a prescrição da intensidade por IEP é um método simples e de fácil aplicação em aulas coletivas. Portanto, verifica-se a necessidade de investigar a validade do uso dessas variáveis correspondentes ao PDFC em comparação a um método padrão ouro em exercícios no meio aquático utilizados em programas de hidroginástica (por exemplo, a corrida estacionária) realizado por indivíduos idosos a fim de garantir uma prescrição segura e eficiente para essa população.

Tal característica é ainda mais importante em idosas treinadas, visto que o controle das cargas de treino aeróbio de hidroginástica nessa população torna-se mais relevante após as adaptações iniciais decorrentes das primeiras semanas de treino. Portanto, uma adequação das cargas ao longo do programa de treinamento é crucial para atender à individualidade biológica a fim de que essa população continue obtendo ganhos positivos no seu condicionamento físico. Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi comparar e verificar a concordância das respostas de  $VO_2$ , FC e IEP correspondentes ao LAN determinado através dos métodos LV e PDFC durante um teste máximo no meio aquático realizado por mulheres idosas treinadas. Nossa hipótese foi que tanto a FC quanto a IEP seriam semelhantes, resultando em concordância aceitável entre os métodos PDFC e LV.

## Métodos

### Participantes

A amostra foi composta por nove mulheres idosas ativas e voluntárias ( $64,3 \pm 4,4$  anos;  $69,7 \pm 7,7$  kg;  $151,1 \pm 4,6$  cm;  $30,6 \pm 4,1$  kg/m<sup>2</sup>). As participantes foram recrutadas do estudo *Effects of two water-based aerobic training programs in elderly women (WATER study)*, no qual todas participaram de três meses de treinamento aeróbio no meio aquático com duas sessões semanais de 45 minutos [7,21]. Os critérios de exclusão para participação no estudo WATER foram apresentar histórico de doença cardiovascular (exceto hipertensão controlada por medicamentos), e/ou limitações osteoarticulares para a prática de exercícios. Além disso, as participantes incluídas no presente estudo não faziam uso de medicamentos da classe dos fármacos betabloqueadores. As participantes que completaram a segunda onda de treinamento foram convidadas e aquelas que se voluntariaram participaram do presente estudo. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa (CAAE: 69931817.5.0000.5313). Todas as participantes foram informadas sobre os procedimentos do estudo e assinaram um termo de consentimento.

### Procedimentos

Em uma sessão prévia à sessão experimental, as medidas de massa corporal e estatura foram obtidas através de uma balança digital (WELMY, Santa Bárbara d'Oeste, Brasil) e um estadiômetro acoplado à mesma. A partir dos dados coletados, o índice de massa corporal (IMC) foi calculado através da equação:  $IMC = \text{massa corporal (kg)} / \text{estatura}^2 \text{ (m)}$ . As participantes foram solicitadas a absterem-se de cafeína ou qualquer outro estimulante, assim como não realizarem prática de exercícios intensos 24 horas antes da sessão experimental.

O protocolo experimental envolveu a realização de um teste de esforço máximo no meio aquático realizado com o exercício de corrida estacionária, utilizado em estudos prévios com mulheres jovens [4,8,16,17,29-31]. As participantes já tinham conhecimento da técnica de execução do exercício, uma vez que o mesmo foi utilizado em todas as aulas do programa de hidroginástica da qual elas participavam. Inicialmente, cada voluntária foi familiarizada com os procedimentos do teste, procedimento que serviu como aquecimento. O teste consistiu na realização do exercício de corrida estacionária no meio aquático com a amplitude de movimento adequada (90° de flexão de quadril e joelho) e manutenção do ritmo de movimento de acordo com as cadências que foram reproduzidas pelo aplicativo de celular *Metronome*. Como o movimento de membros inferiores é realizado de forma alternada (i.e., flexão de um membro simultânea a extensão do membro contralateral), cada fase corresponde a

uma batida do metrônomo. Além disso, as participantes receberam instruções padronizadas sobre a Escala de Esforço Percebido 6-20 de Borg [32], com a qual elas já eram familiarizadas devido a sua aplicação como indicador de intensidade no programa de hidroginástica realizado previamente. O protocolo foi realizado com as participantes descalças e imersas na profundidade do processo xifoide. A temperatura da água foi mantida em 32°C. O teste foi monitorado por três instrutores (um dentro e dois fora da piscina).

O teste iniciou com a cadência de 70 b.min<sup>-1</sup> durante 2 min e posteriores incrementos de 15 b.min<sup>-1</sup> a cada 2 min, protocolo adaptado de estudos prévios [16,31] para mulheres idosas. Os testes eram interrompidos quando as participantes indicavam exaustão ou quando não conseguiam manter a cadência proposta para o estágio. A amplitude de movimento e a técnica de execução foram visualmente controladas por um instrutor experiente, que dava feedback constante aos sujeitos durante o teste. Durante o teste máximo, os gases respiratórios foram coletados através de um analisador de gases portátil do tipo caixa de mistura (VO2000, MedGraphics, Ann Arbor, USA), previamente calibrado de acordo com as especificações do fabricante. A taxa de amostragem para os gases respiratórios foi a média de cada três respirações. Os dados de FC foram obtidos continuamente através de um monitor cardíaco (FT1, Polar, Finlândia) e registrados a cada 15 s. Além disso, o IEP foi coletado imediatamente após cada estágio através da Escala de Esforço Percebido 6-20 de Borg [32]. A escala (21 x 29,7 cm) foi apresentada as participantes para que elas escolhessem o número correspondente à sua percepção de esforço. O critério para considerar os testes válidos foi quando pelo menos duas das seguintes condições fossem alcançadas: a) platô no VO<sub>2</sub> apesar do aumento na intensidade do exercício; b) relação de troca respiratória superior a 1,15; c) frequência respiratória máxima de pelo menos 35 respirações por minuto [33]; e d) um IEP de pelo menos 18.

O LAN foi identificado para cada participante pelos métodos LV e PDFC. O método LV foi determinado pela curva de ventilação *versus* intensidade, e confirmado pelo equivalente ventilatório de CO<sub>2</sub> (VE/VCO<sub>2</sub>) [34]. O PDFC foi determinado com base na análise da curva FC *versus* intensidade, sendo considerado o ponto de deflexão na qual ocorre a quebra de linearidade no comportamento da FC em relação ao aumento da intensidade [10]. Ambos os métodos foram analisados de forma cega por três fisiologistas experientes por inspeção visual. Quando houve discordância entre eles, a mediana dos valores foi utilizada para análise. Após, o VO<sub>2</sub>, FC e o IEP correspondentes ao LAN para os métodos LV (VO<sub>2LV</sub>, FC<sub>LV</sub> e IEP<sub>LV</sub>) e PDFC (VO<sub>2PDFC</sub>, FC<sub>PDFC</sub> e IEP<sub>PDFC</sub>) foram identificados e utilizados para a análise.

### *Análise estatística*

Os dados são apresentados por meio de estatística descritiva (média ± DP). A normalidade foi testada através do teste de *Shapiro-Wilk*. Teste T pareado foi utilizado para comparar as variáveis VO<sub>2</sub>, FC e IEP entre os métodos LV e PDFC. Para verificar a concordância entre os métodos, as diferenças foram plotadas em relação ao valor médio das variáveis selecionadas, conforme sugerido por Bland e Altman [35,36]. Essa análise é baseada nas diferenças entre as medidas no mesmo indivíduo pelos 2 métodos. A diferença média é o viés estimado, a diferença sistemática entre os métodos e o DP das diferenças mede flutuações aleatórias em torno dessa média. Os limites de concordância de 95% foram estimados pela diferença média mais ou menos 1,96 DPs das diferenças, o que explica quão distantes as medidas pelos dois métodos provavelmente seriam para a maioria dos indivíduos. Todos os testes estatísticos foram realizados no programa estatístico SPSS (versão 20.0) e o índice de significância adotado foi de  $\alpha=0,05$ .

## Resultados

Todos os participantes foram capazes de completar o teste máximo e nenhum efeito adverso foi observado. Os dados descritivos referentes às variáveis máximas obtidas durante o teste incremental máximo são apresentados na Tabela I.

**Tabela I** - Valores de consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), frequência cardíaca (FC), índice de esforço percebido (IEP) e cadência correspondentes ao esforço máximo durante um teste máximo no meio aquático.

| Variáveis                               | Média ± DP     |
|---|----------------|
| $VO_2$ máximo ( $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ) | 26,82 ± 5,37   |
| FC máxima (bpm)                         | 159,33 ± 11,02 |
| IEP máximo                              | 18,44 ± 1,59   |
| Cadência máxima ( $b.min^{-1}$ )        | 141,67 ± 14,58 |

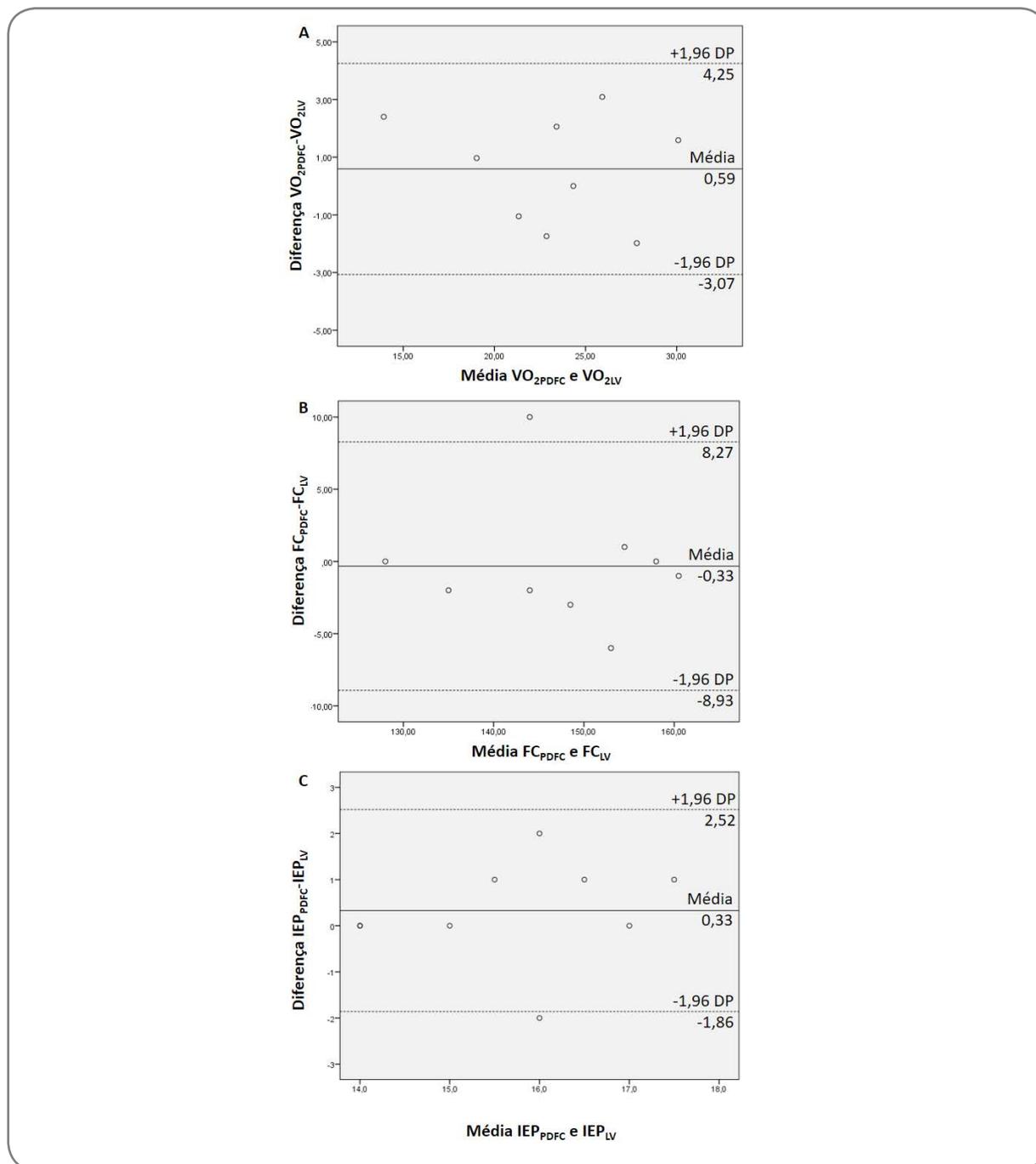
Todos os participantes (100%; n = 9) apresentaram sinais claros de PDFC. Os valores de  $VO_2$ , FC e IEP correspondentes ao LAN apresentaram valores similares entre os métodos LV e PDFC e estão apresentados na Tabela II. De acordo com a análise de Bland-Altman, foi verificada uma concordância aceitável entre os métodos LV e PDFC para todas as variáveis, com valores de r não significativos indicando que o viés não é proporcional ( $VO_2$ : r = -0,18, IC95%: -3,07 a 4,25  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ , p = 0,64; FC: r = -0,12, IC95%: -8,93 a 8,27 bpm, p = 0,76; IEP: r = 0,21, IC95%: -1,86 a 2,52, p = 0,58). Portanto, estima-se que para 95% dos indivíduos o  $VO_{2PDFC}$  esteja entre 3,07  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  abaixo do  $VO_{2LV}$  e 4,25  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  acima dele (Figura 1A). Do mesmo modo, estima-se que para 95% dos indivíduos o  $FC_{PDFC}$  esteja entre 8,93 bpm abaixo do  $FC_{LV}$  e 8,27 bpm acima dele (Figura 1B). Com relação ao IEP, estima-se que para 95% dos indivíduos o  $IEP_{PDFC}$  esteja entre 1,86 abaixo do  $IEP_{LV}$  e 2,52 acima dele (Figura 1C).

**Tabela II** - Valores de consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), frequência cardíaca (FC) e índice de esforço percebido (IEP) correspondentes ao limiar anaeróbio (LAN) entre os métodos ventilatório (LV) e o ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) determinados em teste máximo no meio aquático.

|                                  | LV           | PDFC         | P     |
|----------------------------------|--------------|--------------|-------|
| $VO_2$ ( $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ) | 22,89 ± 5,05 | 23,49 ± 4,72 | 0,368 |
| FC (bpm)                         | 147 ± 11     | 147 ± 11     | 0,825 |
| IEP                              | 16 ± 1       | 16 ± 1       | 0,397 |

## Discussão

Os principais achados do presente estudo demonstram que o  $VO_2$ , FC e IEP correspondentes ao LAN apresentaram valores semelhantes e concordância entre os métodos LV e PDFC durante um teste máximo realizado no meio aquático por mulheres idosas treinadas. Esses resultados sugerem que o PDFC baseado na proposta de Conconi *et al.* [10] é um método válido para a determinação do LAN e pode auxiliar na prescrição da intensidade em sessões de hidroginástica realizadas por mulheres idosas.



$VO_{2PDFC}$  =  $VO_2$  determinado pelo método PDFC;  $VO_{2LV}$  =  $VO_2$  determinado pelo método LV;  $FC_{PDFC}$  = FC determinada pelo método PDFC;  $FC_{LV}$  = FC determinada pelo método LV;  $IEP_{PDFC}$  = IEP determinado pelo método PDFC;  $IEP_{LV}$  = IEP determinado pelo método LV.

**Figura 1** - Gráficos de Bland-Altman com viés médio estimado e limites de concordância de 95% para diferenças nos dados de consumo de oxigênio ( $VO_2$ ; painel A), frequência cardíaca (FC; painel B) e índice de esforço percebido (IEP; painel C) entre os métodos ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) e limiar ventilatório (LV), conforme plotado em relação ao valor médio, durante a corrida estacionária no meio aquático.

No presente estudo, foram observados valores semelhantes de  $VO_2$  e FC entre os métodos LV ( $22,9 \pm 5,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e  $147 \pm 11 \text{ bpm}$ ) e PDFC ( $23,5 \pm 4,7 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e  $147 \pm 11 \text{ bpm}$ ). Esses resultados estão de acordo com estudos prévios que demonstraram valores semelhantes de  $VO_2$  e FC correspondentes ao LAN determinados pelos métodos LV e PDFC em exercícios de hidroginástica (corrida estacionária, chute frontal e deslize frontal) realizado por mulheres jovens [16,17]. No entanto, tais estudos não verificaram a concordância entre os métodos utilizando a análise de Bland-Alt-

man, que é o método indicado para determinar se as duas medidas são equivalentes e se uma pode substituir a outra [36].

O estudo de Pinto *et al.* [18] também observou valores semelhantes de  $VO_2$  e FC correspondentes ao LAN entre os métodos LV e PDFC determinados em protocolo em cicloergômetro aquático realizado por homens jovens. Por sua vez, esse estudo também analisou e verificou a concordância entre esses métodos pela análise de Bland-Altman. Adicionalmente, Alberton *et al.* [19] verificaram valores semelhantes e concordância no valor de FC correspondente ao LAN durante um teste máximo de corrida estacionária em meio aquático realizado por homens jovens, mas analisando o método PDFC em comparação ao método de LL. Portanto, o presente estudo corrobora a literatura relacionada ao uso da  $FC_{PDFC}$  em testes máximos realizados no meio aquático por indivíduos jovens como indicador válido de determinação do LAN, expandindo tais resultados para mulheres idosas treinadas.

Testes incrementais máximos estruturados para o meio aquático envolvendo exercícios de hidroginástica têm sido investigados na literatura, com a determinação da FC e do  $VO_2$  máximos e correspondentes ao primeiro e segundo limiares ventilatórios em mulheres jovens [4,16,17,30,31] e pós-menopáusicas [5], assim como a relação significativa entre esses parâmetros ao longo do teste [29]. Portanto, os presentes resultados são importantes, pois acrescentam à literatura a possibilidade de determinação do PDFC durante o teste máximo aquático incremental no exercício de corrida estacionária como uma estratégia eficiente para a avaliação de mulheres idosas treinadas. Destaca-se ainda que após as adaptações iniciais decorrentes das primeiras semanas de treino de hidroginástica, o reajuste das cargas é fundamental para que os ganhos advindos do programa de treino continuem sendo alcançados. Portanto, em idosas treinadas a possibilidade de determinação do LAN e o uso da  $FC_{PDFC}$  como parâmetro para prescrição da intensidade em aulas de hidroginástica, de forma prática e acessível, é uma estratégia bastante importante para atender ao princípio da individualidade biológica. Dessa forma, a  $FC_{PDFC}$  pode ser determinada a partir de um teste simples, barato e não invasivo, utilizando apenas um monitor de FC e um metrônomo ao longo de um teste incremental máximo estruturado para o meio aquático, como o realizado no presente estudo. Assim, com base na  $FC_{PDFC}$  é possível calcular porcentagens abaixo ou acima do LAN para prescrever a intensidade da zona de treinamento desejada [9] em sessões de hidroginástica realizadas por mulheres idosas.

Com relação ao IEP, o presente estudo demonstrou valores semelhantes entre os métodos LV ( $16 \pm 1$ ) e PDFC ( $16 \pm 1$ ), assim como concordância para o IEP correspondente ao LAN entre os dois métodos. O estudo de Alberton *et al.* [19] parece ter sido o primeiro estudo a investigar a concordância do IEP entre o PDFC e um método padrão ouro de determinação do LAN, utilizando o LL. Todavia, ao contrário dos achados do presente estudo, Alberton *et al.* [19] não observaram concordância no IEP correspondente ao LAN determinado pelos métodos LL e PDFC em um teste progressivo máximo realizado no meio aquático com o exercício de corrida estacionária em homens jovens. Dois aspectos que podem ser destacados para possivelmente explicar a discordância dos resultados entre os presentes resultados e o estudo citado. O primeiro relaciona-se às diferenças entre as medidas padrão ouro utilizadas (LV vs. LL, respectivamente), que por sua vez requerem a utilização de protocolos com características de progressão distintas (estágios de 2 min vs. 3 min) e diferentes taxas de amostragem (gases respiratórios: uma amostra a cada três respirações vs. lactato: uma amostra ao final de cada estágio). Além disso, a diferença entre os participantes dos estudos deve ser salientada, visto que as participantes do presente estudo eram idosas treinadas que haviam participado previamente de um programa de hidrogi-

nástica de três meses com a intensidade das aulas prescrita pela escala de percepção de esforço de Borg. Por outro lado, no estudo de Alberton *et al.* [19], o protocolo foi realizado em homens jovens, mas não há relato sobre a utilização da escala na rotina de treino dos participantes (apenas familiarização prévia ao teste). Nesse sentido, destaca-se a importância da familiarização com a escala de Borg, assim como a instrução a ser transmitida previamente a utilização do método.

Adicionalmente, estudos prévios apoiam o uso do IEP para controlar a intensidade do treinamento durante exercícios de hidroginástica, visto que existe uma correlação significativa entre IEP e parâmetros fisiológicos (i.e., FC e  $VO_2$ ) determinados ao longo de testes aquáticos incrementais [8,29]. Além disso, estudos têm demonstrado valores próximos a 16 (Escala 6-20 de Borg) como correspondentes a intensidade de LAN para mulheres jovens na corrida estacionária no meio aquático [8,31]. Dessa forma, os presentes valores de  $IEP_{PDFC}$  (i.e., 16) confirmam e expandem esses achados para mulheres idosas treinadas. É importante ressaltar que a prescrição de intensidade pelo IEP tem como vantagem a maior validade externa, uma vez que é uma alternativa para a prescrição da intensidade de sessões de treinamento realizadas por populações especiais que fazem uso de medicamentos que afetam as respostas de FC. Além disso, o uso desse parâmetro facilita a prescrição da intensidade em aulas de hidroginástica para turmas com grande número de alunos, como aquelas realizadas em academias e clubes esportivos, quando a realização de testes máximos não é viável.

Algumas limitações do presente estudo devem ser destacadas. O estudo investigou apenas o exercício de corrida estacionária; embora esse seja o exercício mais utilizado em aulas de hidroginástica, é possível que outros exercícios não apresentem as mesmas repostas, portanto cautela deve ser tomada ao extrapolar seus resultados para os demais exercícios utilizados em uma sessão de treino. Além disso, os resultados do presente estudo se limitam a mulheres idosas treinadas, familiarizadas com o treinamento no meio aquático e adaptadas com a prescrição das aulas de hidroginástica por IEP. Adicionalmente, reconhecemos o pequeno  $n$  amostral como uma possível limitação. Assim, investigações adicionais sobre a determinação do LAN pelo PDFC devem ser realizadas com outros exercícios e em outras populações para expandir e apoiar nossas descobertas.

## Conclusão

Baseado nos resultados do presente estudo, as variáveis de  $VO_2$ , FC e IEP apresentaram valores semelhantes e concordância entre os métodos LV e PDFC. Dessa forma, o uso do PDFC pode ser considerado um parâmetro válido para a determinação do LAN durante um teste máximo com corrida estacionária realizado por mulheres idosas treinadas no meio aquático. Portanto a FC determinada pelo PDFC pode aprimorar a prescrição de parâmetros de intensidade no meio aquático através do uso de um teste simples, barato e não-invasivo. Da mesma forma, os valores de IEP observados correspondentes ao LAN podem ser adotados como referência para a prescrição das aulas de hidroginástica, visto que esse é um método simples e de fácil aplicabilidade em aulas coletivas no meio aquático.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a participação das mulheres idosas que tornaram essa pesquisa possível.

### Potencial conflito de interesse

Nenhum conflito de interesses com potencial relevante para este artigo foi reportado.

### Fontes de financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

### Contribuição dos autores

**Concepção e desenho da pesquisa:** Andrade LS e Alberton CL. **Obtenção de dados:** Häfele MS, Schaun GZ, Rodrigues SN e Gomes MB. **Análise e interpretação dos dados:** Andrade LS, Häfele MS, Schaun GZ, David GB, Pinto SS e Alberton CL. **Análise estatística:** Andrade LS e Alberton CL. **Obtenção de financiamento:** Alberton CL. **Redação do manuscrito:** Andrade LS e Alberton CL. **Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante:** Häfele MS, Schaun GZ, Rodrigues SN, Gomes MB, David GB e Pinto SS.

## Referências

1. Alberton CL, Kruegel LFM. Influência da imersão nas respostas cardiorrespiratórias em repouso. *Rev Bras Med do Esporte* 2009;15(3):228-32. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922009000300013>
2. Pendergast DR, Lundgren CEG. The underwater environment: cardiopulmonary, thermal, and energetic demands. *J Appl Physiol* 2009;106(1):276-83. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.90984.2008>
3. Pendergast DR, Moon RE, Krasney JJ, Held HE, Zamparo P. Human physiology in an aquatic environment. *Compr Physiol* 2015;5(4):1705-50. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140018>
4. Alberton CL, Pinto SS, Antunes AH, Cadore EL, Finatto P, Tartaruga MP *et al.* Maximal and ventilatory thresholds cardiorespiratory responses to three water aerobic exercises compared with treadmill on land. *J Strength Cond Res* 2014;28(6):1679-87. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000304>
5. Almada B, Kanitz AC, Alberton C, Zaffari P, Pinto S, Kruegel LF. Respostas cardiorrespiratórias de seis exercícios de hidroginástica realizados por mulheres pós-menopáusicas. *Rev Bras Ativ Fís Saúde* 2014;19(3):333-41. <https://doi.org/10.12820/rbafs.v.19n3p333>
6. Pinto SS, Alberton CL, Bagatini NC, Zaffari P, Cadore EL, Radaelli R *et al.* Neuromuscular adaptations to water-based concurrent training in postmenopausal women: effects of intrasession exercise sequence. *Age* 2015;37(1):6. <https://doi.org/10.1007/s11357-015-9751-7>
7. Andrade LS, Pinto SS, Silva MR, Schaun GZ, Portella EG, Nunes GN *et al.* Water-based continuous and interval training in older women: Cardiorespiratory and neuromuscular outcomes (WATER study). *Exp Gerontol* 2020;134:110914. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2020.110914>
8. Alberton CL, Pinto SS, Gorski T, Antunes AH, Finatto P, Cadore EL *et al.* Rating of perceived exertion in maximal incremental tests during head-out water-based aerobic exercises. *J Sports Sci* 2016;34(18):1691-8. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1134804>
9. Mann T, Lamberts RP, Lambert MI. Methods of prescribing relative exercise intensity: physiological and practical considerations. *Sports Med* 2013;43(7):613-25. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0045-x>
10. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P, Codeca L. Determination of the anaerobic threshold by a non-invasive field test in runners. *J Appl Physiol* 1982;52(4):869-73. <https://doi.org/10.1152/jappl.1982.52.4.869>
11. Bunc V, Hofmann P, Leitner H, Gaisl G. Verification of the heart rate threshold. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995;70(3):263-9. <https://doi.org/10.1007/BF00238574>
12. Mikulic P, Vucetic V, Sentija D. Strong relationship between heart rate deflection point and ventilatory threshold in trained rowers. *J Strength Cond Res* 2011;25(2):360-6. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e-3181bf01f7>
13. Vucetić V, Sentija D, Sporis G, Trajković N, Milanović Z. Comparison of ventilation threshold and heart rate deflection point in fast and standard treadmill test protocols. *Acta Clin Croat* 2014;53(2):190-203
14. Baiget E, Fernández-Fernández J, Iglesias X, Rodríguez FA. Heart rate deflection point relates to second ventilatory threshold in a tennis test. *J Strength Cond Res* 2015;29(3):765-71. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000664>
15. Fabre N, Passelergue P, Bouvard M, Perrey S. Comparison of heart rate deflection and ventilatory threshold during a field cross-country roller-skiing test. *J Strength Cond Res* 2008;22(6):1977-84. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181874ae9>
16. Kruegel 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(3):594-600
17. Alberton CL, Kanitz AC, Pinto SS, Antunes AH, Finatto P, Cadore EL *et al.* Determining the anaerobic

- threshold in water aerobic exercises: a comparison between the heart rate deflection point and the ventilatory method. *J Sport Med Phys Fit* 2013;53(4):358-67
18. Pinto SS, Brasil RM, Alberton CL, Ferreira HK, Bagatini NC, Calatayud J et al. Noninvasive determination of anaerobic threshold based on the heart rate deflection point in water cycling. *J Strength Cond Res* 2016;30(2):518-24. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001099>
19. Alberton CL, Andrade LS, Pinheiro RB, Pinto SS. Anaerobic threshold in a water-based exercise: agreement between heart rate deflection point and lactate threshold methods. *J Strength Cond Res* 2019. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003161>
20. Fleg JL, Strait J. Age-associated changes in cardiovascular structure and function: a fertile milieu for future disease. *Heart Fail Rev* 2012;17(4-5):545-54. <https://doi.org/10.1007/s10741-011-9270-2>
21. Andrade LS, Pinto SS, Silva MR, Campelo P, Rodrigues SN, Gomes MB et al. Randomized clinical trial of water-based training in older women (WATER study): Functional capacity and quality of life outcomes. *J Phys Act Health* 2020;17(8):1-9.
22. Alberton CL, Zaffari P, Pinto SS, Reichert T, Bagatini NC, Kanitz AC, et al. Water-based exercises in postmenopausal women: Vertical ground reaction force and oxygen uptake responses. *Eur J Sport Sci* 2020;1-10. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1746835>
23. Broman G, Quintana M, Engardt M, Gullstrand L, Jansson E, Kaijser L. Older Women's cardiovascular responses to deep-water running. *J Aging Phys Act* 2006;14(1):29-40. <https://doi.org/10.1123/japa.14.1.29>
24. Reichert T, Kanitz AC, Delevatti RS, Bagatini NC, Barroso BM, Kruehl LFM. Continuous and interval training programs using deep water running improves functional fitness and blood pressure in the older adults. *Age* 2016;38(1):20. <https://doi.org/10.1007/s11357-016-9882-5>
25. Bergamin M, Ermolao A, Tolomio S, Berton L, Sergi G, Zaccaria M. Water- versus land-based exercise in elderly subjects: effects on physical performance and body composition. *Clin Interv Aging* 2013;8:1109-17. <https://doi.org/10.2147/CIA.S44198>
26. Tsourlou T, Benik A, Dipla K, Zafeiridis A, Kellis S. The effects of a twenty-four-week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *J Strength Cond Res* 2006;20(4):811-8.
27. Bocalini DS, Serra AJ, Murad N, Levy RF. Water-versus land-based exercise effects on physical fitness in older women. *Geriatr Gerontol Int* 2008;8(4):265-71. <https://doi.org/10.1111/j.1447-0594.2008.00485.x>
28. Meredith-Jones K, Legge M, Jones LM. Circuit based deep water running improves cardiovascular fitness, strength and abdominal obesity in older, overweight women aquatic exercise intervention in older adults. *Med Sport* 2009;13(1):5-12. <https://doi.org/10.2478/v10036-009-0002-9>
29. David GB, Andrade LS, Schaun GZ, Alberton CL. HR, VO<sub>2</sub> and RPE relationships in an aquatic incremental maximum test performed by young women. *J Strength Cond Res* 2017;31(10):2852-8. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001719>
30. Antunes AH, Alberton CL, Finatto P, Pinto SS, Cadore EL, Zaffari P et al. Active female maximal and anaerobic threshold cardiorespiratory responses to six different water aerobics exercises. *Res Q Exerc Sport* 2015;86(3):267-73. <https://doi.org/10.1080/02701367.2015.1012577>
31. Alberton CL, Antunes AH, Beilke DD, Pinto SS, Kanitz AC, Tartaruga MP et al. Maximal and ventilatory thresholds of oxygen uptake and rating of perceived exertion responses to water aerobic exercises. *J Strength Cond Res* 2013;27(7):1897-903. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182736e47>
32. Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scand J Work Environ Health* 1990;16 (Suppl 1):55-8. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1815>
33. Howley ET, Bassett DR, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27(9):1292-301.
34. Wasserman K, Whipp BJ, Koysl SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 1973;35(2):236-43. <https://doi.org/10.1152/jappl.1973.35.2.236>
35. Bland JM, Altman DG. Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading. *Lancet* 1995;346(8982):1085-7. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(95\)91748-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(95)91748-9)
36. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;327(8476):307-10. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(86\)90837-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(86)90837-8)