

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Paula Zaffari

**RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E DE FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO  
DE DIFERENTES EXERCÍCIOS DE HIDROGINÁSTICA REALIZADOS POR  
MULHERES PÓS-MENOPÁUSICAS**

**Trabalho de conclusão de curso**

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Krueh

Porto Alegre

2012

Paula Zaffari

**RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E DE FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO  
DE DIFERENTES EXERCÍCIOS DE HIDROGINÁSTICA REALIZADOS POR  
MULHERES PÓS-MENOPÁUSICAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca avaliadora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção de título de bacharel em educação física.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl

Porto Alegre

2012

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi analisar o pico e o impulso da força de reação do solo vertical (FRS), bem como o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) e o percentual do consumo de oxigênio referente ao segundo limiar ventilatório ( $\%VO_2$  LV2), durante a realização dos exercícios de hidroginástica chute frontal (CH), corrida (CO), corrida posterior (CP), deslize frontal (DF), elevação posterior (EP), e saltito anterior (SA), em diferentes cadências. A amostra foi composta por 12 mulheres pós-menopáusicas, que participaram de seis sessões de testes máximos, com intervalo de 48h entre elas, referentes a cada um dos exercícios, para a determinação do ponto em que ocorreu o segundo limiar ventilatório (LV2), em cada exercício. Após, cada sujeito participou de duas sessões de testes submáximos, nas quais eram coletados os dados de FRS e  $VO_2$  de três exercícios, sendo na primeira delas o CH, a CO e o SA, e, na segunda, a CP, o DF e a EP. Cada um dos exercícios foi randomicamente executado nas cadências de 80, 100 e 120 bpm, com 5 min de intervalo entre elas e 15 min de intervalo entre os exercícios. Os testes foram realizados em uma Plataforma de Força Subaquática da marca AMTI e utilizando-se um analisador de gases portátil VO2000 da marca Inbramed, sendo cada exercício executado durante 4 min, com a coleta da FRS e do  $VO_2$  no último minuto. Para determinação dos valores de pico e de impulso da FRS utilizou-se os *softwares* BioAnalysis, Matlab e Sad32. Quanto aos dados de  $VO_2$ , foi determinado o ponto em que ocorreu o LV2 e, posteriormente, verificado o  $\%VO_2$  LV2 em que os sujeitos encontravam-se em cada uma das três cadências. Para análise estatística, utilizou-se estatística descritiva (média  $\pm$  desvio padrão), teste de normalidade de Shapiro-Wilk e ANOVA de dois fatores para medidas repetidas com *post-hoc* de Bonferroni ( $\alpha=0,05$ ). Como resultados, em relação às diferentes cadências, foram observadas diferenças significativas para todas as variáveis analisadas ( $p<0,001$ ), ficando, para  $FRS_{pico}$  e  $VO_2$  os maiores valores para a cadência de 120 bpm, e, para o impulso, para 80 bpm. Quanto aos diferentes exercícios, para as variáveis de FRS, foram verificadas diferenças significativas entre os mesmos ( $p<0,001$ ), contudo, para o  $VO_2$  e para o  $\%VO_2$  LV2, não foram encontradas diferenças significativas entre os exercícios. Sendo assim, pode-se concluir que a velocidade de execução e o padrão de exercício devem ser levados em consideração para se prescrever adequadamente uma aula de hidroginástica.

**Palavras-chave:** Força de reação vertical do solo, impulso, consumo de oxigênio, segundo limiar ventilatório, hidroginástica, imersão.

## ABSTRACT

The aim of the present study was to analyze the peak and the impulse of the vertical ground reaction force (GRF), as well as the oxygen uptake ( $\text{VO}_2$ ) and the percentage of oxygen uptake corresponding to the second ventilatory threshold ( $\% \text{VO}_2 \text{ VT}_2$ ), during the execution of the water aerobics exercises frontal kick (FK), stationary running (SR), posterior stationary running (PSR), cross country skiing (CCS), hip extension (HE), and frontal hop (FH), at different cadences. 12 post-menopausal women participated of six sessions of maximal tests, with intervals of 48 h between them, correspondent to each exercise, for determining the point of occurrence of the second ventilatory threshold ( $\text{VT}_2$ ). After that, each subject participated of two sessions of submaximal tests, in which were collected the data correspondent of GRF and  $\text{VO}_2$  of three exercises, performing at first session, CH, CO and SA, and, in the second, CP, DF and EP. The exercises were randomly executed at the cadences 80, 100 and 120 bpm, with 5 min of interval between them and 15 min between the exercises. The tests were performed on an underwater force plate (AMTI) and using a portable gas analyzer VO2000 (Inbramed), being each exercise executed during 4 min, with the collect of GRF and  $\text{VO}_2$  at the last minute. For the determination of the GRF peak and impulse values was used the softwares BioAnalysis, Matlab e Sad32. Regarding the  $\text{VO}_2$  values, the point of occurrence of  $\text{VT}_2$  was determined, and, posteriorly, verified the  $\% \text{VO}_2 \text{ VT}_2$  that the subjects were in each of the three cadences. For statistical analysis, was used descriptive statistics (mean  $\pm$  standard deviation), Shapiro-Wilk's normality test and two-way repeated measures ANOVA with Bonferroni *post-hoc* ( $\alpha=0.05$ ). As results, in relation to the different cadences, significant differences were observed for all the variables analyzed ( $p<0.001$ ), being, for GRF and  $\text{VO}_2$  the highest values for the 120 bpm, and, for the impulse, for 80 bpm. Regarding the different exercises, for the GRF variables, significant differences were verified between them ( $p<0.001$ ), although, for the  $\text{VO}_2$  and for the  $\% \text{VO}_2 \text{ VT}_2$ , no statistical differences were found. Thus, the velocity of execution and the pattern of the exercises should be taken into account for a proper prescription of a water aerobics class.

**Key-words:** Vertical ground reaction forces, impulse, oxygen uptake, second ventilatory threshold, water aerobics, immersion.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>7</b>
1.1.	OBJETIVOS	8
<b>1.1.1.</b>	<b>Objetivo geral</b>	<b>8</b>
<b>1.1.2.</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>9</b>
2.1.	RESPOSTAS DE FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO EM EXERCÍCIOS AQUÁTICOS	9
2.2.	RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS EM EXERCÍCIOS AQUÁTICOS	20
<b>2.2.1.</b>	<b>Respostas cardiorrespiratórias de exercícios aquáticos realizados em diferentes intensidades</b>	<b>21</b>
<b>2.2.2.</b>	<b>Respostas cardiorrespiratórias de diferentes exercícios aquáticos</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAS E MÉTODOS</b>	<b>26</b>
3.1.	AMOSTRA	26
<b>3.1.1.</b>	<b>Cálculo do tamanho da amostra</b>	<b>26</b>
<b>3.1.2.</b>	<b>Procedimentos para a seleção da amostra</b>	<b>26</b>
<b>3.1.3.</b>	<b>Critérios de inclusão</b>	<b>27</b>
<b>3.1.4.</b>	<b>Critérios de exclusão</b>	<b>27</b>
<b>3.1.5.</b>	<b>Termo de consentimento livre e esclarecido</b>	<b>27</b>
3.2.	VARIÁVEIS	27
<b>3.2.1.</b>	<b>Variáveis dependentes</b>	<b>27</b>
<b>3.2.2.</b>	<b>Variáveis independentes</b>	<b>28</b>
<b>3.2.3.</b>	<b>Variáveis de controle</b>	<b>28</b>
3.3.	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	28
<b>3.3.1.</b>	<b>Caracterização da amostra</b>	<b>29</b>
<b>3.3.2.</b>	<b>Protocolo para a coleta de dados</b>	<b>29</b>
<b>3.3.3.</b>	<b>Instrumentos de medida</b>	<b>35</b>
3.4.	TRATAMENTO DOS DADOS	38
<b>3.4.1.</b>	<b>Tratamento dos dados cardiorrespiratórios</b>	<b>38</b>
<b>3.4.2.</b>	<b>Tratamento dos dados de força de reação do solo no protocolo submáximo</b>	<b>39</b>
3.5.	ANÁLISE ESTATÍSTICA	40
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>41</b>
4.1.	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	41
4.2.	RESPOSTAS DE PICO DE FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO	41
4.3.	RESPOSTAS DE FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO AO LONGO DO TEMPO	43
4.4.	RESPOSTAS DE IMPULSO	44
4.5.	DURAÇÃO DA FASE DE APOIO	46

4.6.	RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS	47
4.6.1.	<b>Respostas do consumo de oxigênio relativo</b>	47
4.6.2.	<b>Percentual do consumo de oxigênio referente ao segundo limiar ventilatório</b>	49
5	<b>DISCUSSÃO</b>	52
5.1.	RESPOSTAS DE FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO	52
5.2.	RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS	54
6	<b>CONCLUSÃO</b>	57
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	58
	<b>ANEXOS</b>	59
	ANEXO A	59
	ANEXO B	61

## 1 INTRODUÇÃO

Os exercícios aquáticos têm sido amplamente utilizados para diversas populações com o intuito de melhoria de diversos parâmetros da aptidão física (Masumoto et al., 2009; Takeshima et al., 2002). Dentro desse contexto, pode-se destacar a hidroginástica, a qual é composta por exercícios realizados na posição vertical combinando movimentos de membros inferiores e superiores (Kruel, 1994). Alguns estudos vêm investigando as respostas cardiorrespiratórias de diferentes exercícios dessa modalidade, e os mesmos demonstram que o comportamento dessas respostas é dependente do exercício analisado e da intensidade em que o mesmo é realizado. Dentre os principais fatores que influenciam nas diferentes respostas entre os exercícios encontram-se a velocidade de execução, a amplitude de movimento e a área projetada correspondente ao mesmo, pois exercícios que apresentem essas características elevadas encontram uma maior resistência para realizar o movimento, o que acaba exigindo uma demanda energética maior e, conseqüentemente, acarreta em uma intensidade fisiológica mais elevada (Alberton et al., 2007, Rafaelli et al., 2011).

Em relação às características biomecânicas dos exercícios realizados no meio aquático, sabe-se que, quando o sujeito encontra-se em imersão, uma menor carga mecânica é imposta às articulações de membros inferiores. Isso ocorre devido à ação da força de empuxo, que atua de forma contrária a força peso no corpo do indivíduo, reduzindo seu peso hidrostático (Nakazawa et al., 1994). Diversos estudos têm investigado a força de reação do solo vertical (FRS) em exercícios aquáticos, no entanto a maioria deles investigou a caminhada em piscina rasa com deslocamento horizontal (Nakazawa et al., 1994; Myioshi et al., 2004; Barela et al., 2006; Roesler et al., 2006), sendo escassos os estudos encontrados que tenham analisado exercícios de hidroginástica (Kruel, 2000; Finatto, 2011; Alberton et al., 2012; Fontana et al., 2012). Dentre as respostas encontradas para exercícios de hidroginástica, essas demonstram que o aumento das respostas de FRS está relacionado a maiores velocidades de execução e a exercícios que apresentam transferência de peso acentuada entre os segmentos e curtas fases de voo (Finatto, 2011; Alberton et al., 2012).

Visto que a procura da hidroginástica vem crescendo nos últimos anos, e que esta é uma modalidade composta por uma vasta gama de exercícios, os quais são realizados em diferentes planos e diferentes intensidades e prioritariamente por mulheres pós-menopáusicas,

elaborou-se o seguinte problema: “Existe diferença nas respostas cardiorrespiratórias e de força de reação do solo vertical entre diferentes exercícios de hidroginástica realizados em diferentes intensidades por mulheres pós-menopáusicas?”.

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo geral

Analisar as respostas cardiorrespiratórias e a força de reação do solo vertical durante a execução de diferentes exercícios de hidroginástica, em diferentes cadências, por mulheres pós-menopáusicas.

### 1.1.2. Objetivos específicos

- Comparar o consumo de oxigênio e o percentual do consumo de oxigênio referente ao segundo limiar ventilatório entre os diferentes exercícios de hidroginástica.
- Comparar o consumo de oxigênio e o percentual do consumo de oxigênio referente ao segundo limiar ventilatório entre as diferentes cadências;
- Comparar o pico e o impulso da força de reação do solo vertical entre os diferentes exercícios de hidroginástica;
- Comparar o pico e o impulso da força de reação do solo vertical entre as diferentes cadências.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. RESPOSTAS DE FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO EM EXERCÍCIOS AQUÁTICOS

Durante a imersão no meio líquido, as respostas cinéticas do corpo humano sofrem alterações, as quais são decorrentes das propriedades físicas da água. Tais alterações influenciam de forma significativa a ação das forças atuantes sobre o corpo imerso, pois, quanto maior o nível de imersão do sujeito, menor é a resultante das forças verticais que agem sobre as estruturas corporais (Barela et al., 2006). Isso se deve ao fato de que a força resultante é atenuada pela ação do empuxo, que atua na direção vertical e sentido ascendente, reduzindo o peso hidrostático, o qual é definido como a diferença entre a força peso e o empuxo (Kruel, 1994).

A redução da magnitude dessas forças verticais acarreta em uma diminuição da compressão nas articulações, principalmente dos membros inferiores, reduzindo assim o estresse e, conseqüentemente, as lesões articulares (Kruel, 1994). Isso se deve a uma redução da carga mecânica imposta às articulações de membros inferiores, pois a carga mecânica depende da força vertical resultante (peso hidrostático) e da aceleração com que o corpo toca o solo (Finkelstein et al., 2004). Sendo assim, dada a relevância da caracterização biomecânica do comportamento do corpo na água e de como as cargas atuam no corpo nesse meio, para uma correta prescrição de exercícios, diversos estudos realizaram investigações acerca das forças de reação do solo em exercícios aquáticos, tais como a caminhada (Harrison et al., 1992; Nakasawa et al., 1994; Brito et al., 2004; Miyoshi et al., 2004; Barela et al., 2006; Roesler et al., 2006; Miyoshi et al., 2006; Miyoshi et al., 2008; Barela & Duarte, 2008; Hauptenthal et al., 2010; Carneiro et al., 2012) e exercícios de hidroginástica (Kruel, 2000; Alberton et al., 2012b; Fontana et al., 2012).

Nakazawa et al. (1994) realizaram a comparação da caminhada na terra e na água, em velocidade auto selecionada confortável, de seis sujeitos de ambos os sexos, em diferentes profundidades no meio aquático (0,4; 0,7; 1,0 e 1,2 m). Como resultados, verificaram que com o aumento da profundidade de imersão ocorre uma redução gradual dos picos máximos de FRS, chegando a 50% do peso corporal na profundidade de 1,2 m, a qual apresentou uma curva de força com formato achatado. Contudo, os autores também observaram que a fase de

apoio apresentou o comportamento oposto, aumentando gradualmente com o aumento da profundidade. No estudo de Brito et al. (2004), resultados semelhantes foram encontrados ao analisarem 11 sujeitos, também de ambos os sexos, na caminhada na terra e na água, em velocidade auto selecionada confortável, nas profundidades a nível de joelho e quadril. Os autores encontraram que a magnitude dos picos de força foi menor na terra em comparação à água e que, quanto maior a imersão, maior a redução do peso corporal, sendo essa de 14,6% e 56,3% nas profundidades de joelho e quadril, respectivamente.

Com uma abordagem metodológica semelhante aos estudos anteriores, Harrison et al. (1992) exploraram, além da profundidade de imersão, a influência de diferentes velocidades sobre a carga mecânica imposta aos membros inferiores de nove sujeitos caminhando parcialmente imersos. Os resultados demonstraram que, no nível da sétima vértebra cervical, o percentual de peso corporal sustentado foi de 25-50%, de processo xifoide de 50-75% e de quadril de 75-100%, e que, com aumento da velocidade, ocorre também um aumento do percentual de peso corporal sustentado pelo indivíduo. Da mesma forma, Roesler et al. (2006) investigaram a influência da profundidade de imersão, da velocidade e da posição dos membros superiores nas FRS durante a caminhada em piscina rasa. O estudo contou com 60 indivíduos de ambos os sexos, os quais foram divididos, de acordo com a estatura, em três profundidades de imersão: manúbrio, ponto médio entre o manúbrio e o processo xifoide e processo xifoide. Todos os sujeitos realizaram a caminhada em duas velocidades, lenta (40 bpm controlada por metrônomo) e rápida (mais rápido possível) com os braços dentro e fora da água. Não foram encontradas alterações significativas na FRS vertical decorrentes da variação da velocidade nas diferentes profundidades. No entanto, em relação ao nível de imersão, à medida que a profundidade diminuiu ocorreu um aumento significativo dos valores, sendo esse aumento de 6% e 10% da profundidade do manúbrio para as profundidades de ponto médio entre o manúbrio e o processo xifoide e processo xifoide, respectivamente. Ainda, verificou-se que a posição dos braços fora da água acarreta em valores significativamente maiores em comparação a posição dos mesmos dentro da água, independentemente da velocidade e da profundidade de imersão.

Myoshi et al. (2004) também analisaram as respostas de FRS da caminhada na terra em comparação à caminhada na água, com 15 sujeitos, em diferentes velocidades (lenta, confortável e rápida). Diferente das pesquisas supracitadas, nesse estudo a profundidade de imersão foi fixada, a nível axilar. Independente da velocidade de execução, a caminhada na terra apresentou valores de FRS vertical significativamente maiores que a caminhada na água, todavia não foram encontradas diferenças significativas entre as diferentes velocidades

avaliadas no estudo. Myiوشي et al. (2005), utilizando métodos semelhantes aos do estudo anterior, compararam o comportamento da FRS vertical em 10 sujeitos nas mesmas três velocidades, e, também, a influência do uso de cargas fixadas nos membros inferiores, nas situações sem carga e 8 kg. Mais uma vez, a velocidade não influenciou significativamente nos valores de FRS vertical, entretanto a mesma foi significativamente aumentada com o aumento da carga. Da mesma forma, Miyoshi et al. (2006), ao acrescentarem mais uma carga para avaliar o comportamento das mesmas variáveis, nas situações sem carga, 4 kg e 8 kg, encontraram resultados semelhantes, verificando incrementos significativos dos valores de FRS vertical com o incremento da carga.

Já no estudo de Carneiro et al. (2012), foi realizada a comparação entre caminhada de frente e a caminhada de costas, no meio aquático e no meio terrestre, em velocidade auto selecionada confortável, com 22 sujeitos, em relação à magnitude dos picos de força da FRS vertical. Os resultados do estudo demonstraram que os valores de ambos os picos de força reduziram do meio aquático para o terrestre entre 66 e 69%. Além disso, foi observado que, na caminhada de frente no meio aquático o primeiro pico de força foi estatisticamente semelhante ao segundo, comportamento diferente da caminhada de costas, em que o primeiro pico de força apresentou valores 12% maiores que o segundo.

Ainda em relação a diferentes exercícios, Hauptenthal et al. (2010b) realizaram um estudo de caso que analisou o componente vertical da FRS em dois níveis de imersão, processo xifoide e quadril, nos exercícios de caminhada, corrida com deslocamento, corrida estacionária e salto vertical (propulsão e aterrissagem). A velocidade da caminhada e da corrida com deslocamento foi auto selecionada confortável e, da corrida estacionária, fixa em 120 bpm. Os resultados obtidos demonstraram que, para os dois níveis de imersão, em todas as situações (exceto a fase de propulsão do salto vertical que não apresentou diferença entre as situações), os valores de pico de FRS foram significativamente menores na profundidade no nível de processo xifoide. Além disso, diferenças significativas foram observadas entre todos os exercícios, exceto entre a corrida com deslocamento e a corrida estacionária no processo xifoide. Os menores valores foram observados para a caminhada, seguida, em ordem crescente, da corrida com deslocamento, corrida estacionária e salto vertical (aterrissagem), com valores de FRS vertical correspondentes a 48%, 156%, 202%, 387% do peso corporal a nível de quadril e de 39%, 138%, 139%, 222% a nível de processo xifoide, respectivamente.

Nakasawa et al. (1994), Brito et al. (2004), Miyoshi et al. (2004), Barela et al. (2006), Roesler et al. (2006), Barela & Duarte (2008), Carneiro et al. (2009) e Hauptenthal et al. (2010a) destacam, ainda, a característica distinta da curva de FRS vertical encontrada para a

caminhada no meio aquático. Diferente do padrão encontrado para a FRS vertical na caminhada na terra, o qual tem o formato de um “M”, com os dois picos e a depressão entre eles bem definidos, na caminhada na água a mesma apresenta um formato similar à figura de um trapézio (Figura 1). O fato de os picos de força serem de magnitude similar à deflexão da mesma proporciona essa retificação da curva, responsável pelo formato mais achatado da mesma. De acordo com Brito et al. (2004), conforme aumenta-se a profundidade de imersão, perde-se a deflexão da curva de força, o que pode ser decorrente da diminuição da velocidade de oscilação do membro inferior na fase de voo ou da diminuição da flexão do joelho na fase de apoio. Todavia, cabe ressaltar que nesse estudo não foi realizada a análise cinemática para afirmar tais inferências.

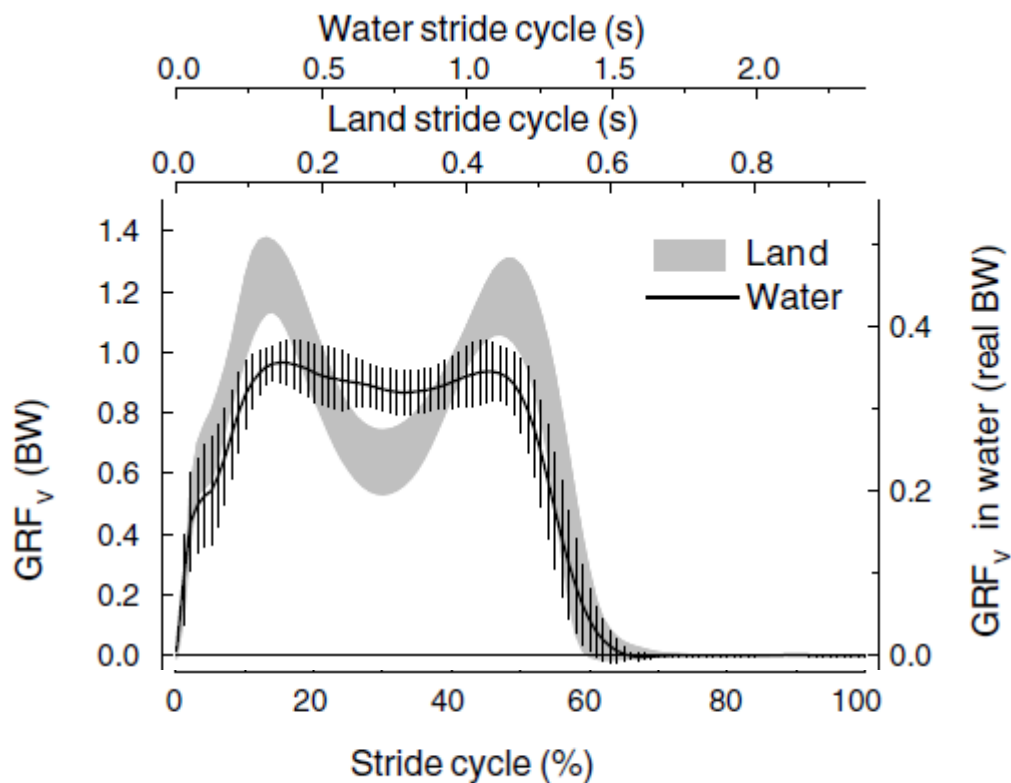


Figura 1. Curva da Força de Reação do Solo Vertical de sujeitos caminhando em velocidade auto selecionada confortável, na terra (linha espessa) e na água (linha estreita). Fonte: Barela et al. (2006).

Em relação à FRS ântero-posterior, Roesler et al (2006), ao analisarem a influência da velocidade e da posição dos membros superiores sobre a mesma durante a caminhada na água em diferentes profundidades, verificaram que a mudança da velocidade gera alterações significativas nessa variável, em todas as profundidades analisadas, observando incremento dos seus valores com o aumento da velocidade. No entanto, a variação da posição dos braços

(dentro e fora da água), diferentemente das respostas encontradas para a FRS vertical também coletada nesse estudo, não influenciou significativamente os resultados da FRS ântero-posterior. Já no que diz respeito à comparação entre as profundidades, para a velocidade rápida, foram encontradas diferenças significativas entre as três profundidades, demonstrando que, quanto menor a profundidade de imersão maior o valor de FRS ântero-posterior. Mais especificamente, do manúbrio para o ponto médio entre manúbrio e processo xifoide o aumento foi de 2%, e, desse ponto para o processo xifoide, o aumento foi de 6%. Contudo, para a velocidade mais lenta, não foram observadas diferenças significativas entre as profundidades.

Myoshi et al. (2004), que também investigaram o comportamento da FRS ântero-posterior na caminhada na terra e na água em diferentes velocidades, encontraram resultados semelhantes aos do estudo anterior, observando que, à medida que ocorre um incremento da velocidade de execução da caminhada, os valores da FRS ântero-posterior aumentam proporcionalmente. Ainda, Hauptenthal et al. (2010a) analisaram a FRS durante a corrida em piscina rasa em dois níveis de imersão (processo xifoide e quadril) e não encontraram diferenças significativas entre as profundidades para o componente ântero-posterior. Os autores atribuem essa ausência de diferença significativa ao fato de que a velocidade nas diferentes situações era auto selecionada, resultando em diferentes valores nos diferentes níveis de imersão. Provavelmente o controle dessas velocidades poderia fornecer uma análise mais completa do comportamento dessa variável nessa situação.

Miyoshi et al. (2004), Barela et al. (2006), Roesler et al. (2006), Barela & Duarte (2008), e Hauptenthal et al. (2010a) salientam também a diferença entre o comportamento da curva de FRS ântero-posterior da caminhada dentro e fora da água. O formato da curva na água é semelhante ao de um triângulo retângulo, apresentando somente a fase positiva (Figura 2), com um aumento gradual da força até atingir o pico, diferente do formato da curva fora da água, que apresenta uma fase negativa seguida de uma fase positiva, ambas com áreas semelhantes. Segundo Barela et al. (2006) e Carneiro et al. (2009), na caminhada na água o indivíduo necessita vencer a força de arrasto na direção horizontal exercida pela água no corpo, dessa forma, para atingir a velocidade necessária para realizar o deslocamento, a propulsão deve ser maior e não há necessidade de frenagem, a qual é responsável pela fase negativa na caminhada em terra. Em decorrência disso, ocorre uma modificação da fase de apoio na água, no esforço de ganhar velocidade. Logo, o sujeito realiza a fase de propulsão conduzindo o corpo para frente e tocando a plataforma somente quando a perna já passou do eixo do corpo (Roesler et al., 2006).

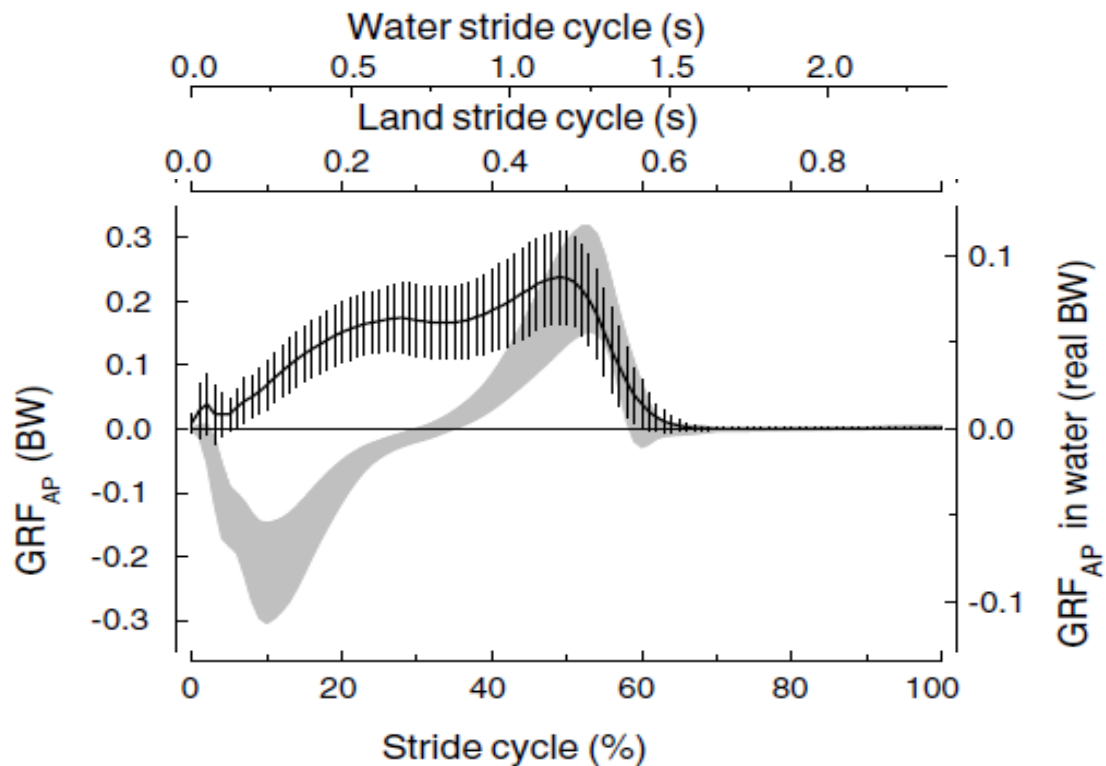


Figura 2. Curva da Força de Reação do Solo Ântero-posterior de sujeitos caminhando em velocidade auto selecionada confortável, na terra (linha espessa) e na água (linha estreita). Fonte: Barela et al., (2006).

Em relação à hidroginástica, o estudo de Kruehl (2000) analisou a FRS vertical e o impulso em 23 mulheres idosas executando cinco exercícios dessa modalidade fora da água e em imersão em duas profundidades (cicatriz umbilical e ombros) com intensidade moderada. Não foram observadas diferenças significativas nos valores de FRS vertical e impulso entre os cinco exercícios em cada uma das situações. Entretanto, diferenças significativas entre os meios foram observadas para as variáveis analisadas, com valores FRS vertical em imersão 4,1 e 3,4 vezes menor para as profundidades de ombro e cicatriz umbilical, respectivamente, comparado com o meio terrestre, sem diferença entre as profundidades.

O estudo de Finatto (2011) também analisou a FRS e o impulso de exercícios de hidroginástica, sendo eles a corrida estacionária (CO), chute frontal (CH), deslize frontal (DF), deslize lateral (DL), saltito abdutores (SAb), e saltito adutores (SAd), porém, investigando mulheres jovens ( $n = 12$ ). Os exercícios foram realizados em duas intensidades, as quais consistiam na cadência referente ao primeiro limiar ventilatório (LV1) e cadência referente ao segundo limiar ventilatório (LV2), no meio aquático (MA) e meio terrestre (MT). Como resultados, observou-se que a FRS e o impulso foram significativamente menores no

MA em comparação ao meio terrestre, para todos os exercícios e intensidades. Em relação às intensidades, no MA, foi possível observar que, independente do exercício realizado, LV1 foi sempre menor que LV2. Já na comparação entre os exercícios, verificou-se que, em ambos os meios e intensidades, a CO e o CH apresentaram valores significativamente maiores em comparação aos demais exercícios.

Com abordagem semelhante, Alberton et al. (2012b) também compararam a FRS vertical de exercícios de hidroginástica em 15 mulheres jovens. O estudo investigou três exercícios (corrida estacionária, chute frontal e deslize frontal) em três diferentes intensidades, sendo elas as cadências referentes ao LV1, LV2 e esforço máximo (MAX), nos meios aquático e terrestre. Quanto aos valores de pico da FRS vertical, ao comparar os meios, respostas significativamente maiores foram observadas no meio terrestre em comparação ao meio aquático, para todos os exercícios executados, nas diferentes intensidades de esforço. Ao comparar os exercícios, no meio aquático, o exercício deslize frontal apresentou valores significativamente menores em comparação aos demais, que apresentaram valores semelhantes entre si, em todas as intensidades de esforço. No que diz respeito à comparação entre intensidades, no meio aquático a intensidade de LV1 obteve valores significativamente menores que as demais intensidades (LV2 e MAX), as quais não demonstraram diferenças entre seus valores. Os valores de impulso também foram analisados nesse estudo, sendo que o meio terrestre apresentou valores significativamente maiores do que o meio aquático em todas as intensidades e exercícios. Além disso, em relação à intensidade, foram encontradas diferenças entre todas elas para ambos os meios, ficando os menores valores para MAX, seguindo de LV2 e LV1, uma vez que menores intensidades apresentavam uma maior fase de apoio.

Ainda dentre as análises de hidroginástica, Fontana et al. (2012) realizaram um estudo avaliando os componentes vertical e anteroposterior da FRS na corrida estacionária realizada na água e na terra, investigando o efeito do gênero, do nível de imersão e da cadência. Foram coletados os dados de 22 sujeitos de ambos os sexos, que realizaram a corrida estacionária em cada um dos meios (aquático e terrestre), em duas profundidades de imersão (quadril e processo xifoide), nas cadências de 90, 110 e 130 bpm. Em relação às diferentes intensidades de esforço, no meio aquático, diferenças significativas foram observadas apenas entre 90 bpm e as demais intensidades, ficando a cadência de 90 bpm com os menores valores, enquanto entre 110 e 130 bpm não foram observadas diferenças significativas. Quanto à profundidade de imersão, reduções progressivas e significativas dos valores de FRS vertical foram

verificadas do meio terrestre para o meio aquático em imersão no quadril e desses para imersão no peito.

Para o componente anterior da FRS, em relação à comparação entre as profundidades, no nível do processo xifoide a cadência de 90 bpm apresentou valores significativamente menores que a cadência de 130 bpm, e no nível de quadril a cadência de 90 bpm demonstrou valores significativamente menores que a cadência de 110 bpm. Quanto à comparação entre as cadências, em 90 bpm não foram observadas diferenças significativas entre as profundidades, no entanto nas cadências de 110 e 130 bpm, a profundidade no nível de peito apresentou valores significativamente menores do que os encontrados no meio terrestre e na profundidade no nível de quadril. Para o componente posterior da FRS, em relação à comparação entre as profundidades, no nível do processo xifoide não foram observadas diferenças entre as cadências, porém, no nível do quadril a cadência de 90 bpm foi significativamente menor que a cadência de 110 bpm. Quanto à comparação entre as cadências, a 90 e 130 bpm não foram observadas diferenças significativas entre as profundidades.

Essa redução dos valores de FRS do meio terrestre para o meio aquático torna-se muito importante para a prescrição de exercícios para diversas populações, pois acarreta em uma menor carga mecânica nas articulações dos indivíduos, reduzindo o risco de lesões e possibilitando que haja uma progressão mais rápida em termos de intensidade, frequência e duração dos exercícios (Barela & Duarte, 2008). Além disso, os exercícios realizados no meio aquático oferecem a possibilidade de aumento gradual da carga de acordo com as necessidades dos indivíduos, manipulando variáveis como a profundidade de imersão, a velocidade de execução do movimento e a posição dos membros superiores (Roesler et al. 2006). No entanto, os estudos já desenvolvidos com exercícios de hidroginástica em diferentes intensidades avaliaram mulheres jovens (Alberton et al., 2012b; Finatto, 2011; Fontana et al., 2012), e o único que avaliou mulheres idosas (Kruel, 2000), as quais representam a população prioritária dessa modalidade, analisou apenas uma intensidade, a qual foi regulada pela sensação subjetiva de esforço. Dessa forma, visto que a velocidade de execução do exercício e as características deste influenciam diretamente nas respostas de FRS do mesmo, mais estudos que avaliem as FRS em exercícios de hidroginástica se fazem necessários, uma vez que essa modalidade é composta por uma vasta gama de exercícios, os quais apresentam características distintas da caminhada, que já tem suas respostas bem descritas na literatura, e podem ser realizados em diferentes intensidades de esforço.



**Quadro 1 – Estudos analisando a força de reação do solo no meio aquático, sendo a sigla PC = peso corporal, FA = fora da água, e DA = dentro da água.**

<b>Estudo</b>	<b>Amostra</b>	<b>Exercício(s)</b>	<b>Intensidade(s)</b>	<b>Resultados</b>
Harrison et al. (1992)	<b>Sujeitos:</b> 9 <b>Sexo:</b> ambos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Caminhada	Velocidade auto selecionada média e passo mais rápido possível	50-75% PC FA
Nakazawa et al. (1994)	<b>Sujeitos:</b> 6 <b>Sexo:</b> ambos <b>Idade:</b> 25,5 ± 2,3 anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Caminhada	Velocidade auto selecionada confortável	50% PC FA
Britto et al. (2004)	<b>Sujeitos:</b> 11 <b>Sexo:</b> ambos <b>Idade:</b> 15 - 28 anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Caminhada	Velocidade auto selecionada confortável	274 ± 78,05 N
Myiوشي et al. (2004)	<b>Sujeitos:</b> 15 <b>Sexo:</b> masculino <b>Idade:</b> 22,8 ± 4,5 anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Caminhada	Três velocidades: (1) auto selecionada confortável, (2) mais lenta que a confortável e (3) mais rápida que a confortável.	≈ 20 – 30% PC FA
Roesler et al. (2006)	<b>Sujeitos:</b> 60 <b>Sexo:</b> ambos <b>Idade:</b> 23 ± 5 anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Caminhada	Velocidades: (1) lenta (40 bpm) e (2) mais rápida possível Situações: (A) Membros superiores dentro da água e (B) membros superiores fora da água	1-A: ≈ 0,25 PC DA 1-B: ≈ 0,32 PC DA 2-A: ≈ 0,27 PC DA 2-B: ≈ 0,35 PC DA
Barela et al. (2006)	<b>Sujeitos:</b> 10 <b>Sexo:</b> ambos <b>Idade:</b> 29 ± 6 anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Caminhada	Velocidade auto selecionada confortável	1º pico de força: 1,03 ± 0,08 PC DA 2º pico de força: 1,01 ± 0,10 PC DA
Barela & Duarte (2008)	<b>Sujeitos:</b> 10 <b>Sexo:</b> ambos <b>Idade:</b> 70 ± 6 anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Caminhada	Velocidade auto selecionada confortável	1º pico de força: 0,96 ± 0,05 PC DA 2º pico de força: 1,01 ± 0,05 PC DA
Carneiro et al. (2009)	<b>Sujeitos:</b> 3 <b>Sexo:</b> ambos <b>Idade:</b> 11 – 12 anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Caminhada	Velocidade auto selecionada confortável	1º pico de força: 0,31 ± 0,05 PC DA Pico mínimo: 0,19 ± 0,04 PC DA

				2º pico de força: $0,29 \pm 0,05$ PC DA
Haupental et al. (2010a)	<b>Sujeitos:</b> 22 <b>Sexo:</b> ambos <b>Idade:</b> $24 \pm 3$ anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Caminhada	Velocidade auto selecionada confortável	$0,80 \pm 0,24$ PC DA
Haupental et al. (2010b)	<b>Sujeitos:</b> 1 <b>Sexo:</b> masculino <b>Idade:</b> 27 anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Caminhada, corrida, corrida estacionária e salto vertical	Caminhada e corrida: velocidade auto selecionada. Corrida estacionária: 120 bpm	Caminhada: 39% PC fora da água Corrida: 138% PC FA Corrida estacionária: 139% PC FA Salto: a) propulsão: 194% PC FA b) aterrissagem: 222% PC FA
Carneiro et al. (2012)	<b>Sujeitos:</b> 22 <b>Sexo:</b> ambos <b>Idade:</b> $24,6 \pm 2,6$ anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Caminhada de frente e caminhada de costas	Velocidade auto selecionada confortável	Caminhada de frente 1º pico de força: $\approx 0,35$ PC DA 2º pico de força: $\approx 0,35$ PC DA Caminhada de costas 1º pico de força: $\approx 0,40$ PC DA 2º pico de força: $\approx 0,35$ PC DA
Kruel (2000)	<b>Sujeitos:</b> 23 <b>Sexo:</b> feminino <b>Idade:</b> $54 \pm 11,65$ anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Garça, lagosta, jacaré I, jacaré II e pelicano	Moderada	Garça: $40,75 \pm 7,72$ N Lagosta: $52,01 \pm 19,82$ N Jacaré I: $56,88 \pm 14,06$ N Jacaré II: $48,71 \pm 13,27$ N Pelicano: $48,43 \pm 8,84$ N
Finatto (2011)	<b>Sujeitos:</b> 12 <b>Sexo:</b> feminino <b>Idade:</b> $23,4 \pm 2,7$ <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Chute, corrida, deslize frontal, deslize lateral, saltito abdutores e saltito adutores	Cadências referentes ao 1º limiar ventilatório (LV1) e 2º limiar ventilatório (LV2)	Chute LV1: $0,92 \pm 0,20$ PC DA LV2: $1,13 \pm 0,19$ PC DA Corrida LV1: $0,88 \pm 0,26$ PC DA LV2: $1,10 \pm 0,25$ PC DA Deslize frontal LV1: $0,72 \pm 0,14$ PC DA LV2: $0,88 \pm 0,14$ PC DA Deslize lateral LV1: $0,63 \pm 0,2$ PC DA LV2: $0,75 \pm 0,18$ PC DA Saltito abdutores

				LV1: $0,72 \pm 0,21$ PC DA LV2: $0,94 \pm 0,30$ PC DA Saltito Adutores LV1: $0,51 \pm 0,12$ PC DA LV2: $0,77 \pm 0,19$ PC DA
Alberton et al. (2012b)	<b>Sujeitos:</b> 15 <b>Sexo:</b> feminino <b>Idade:</b> $23,2 \pm 2$ <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Corrida estacionária, chute frontal e deslize frontal	Cadências referentes ao 1º limiar ventilatório (LV1), 2º limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX)	Corrida estacionária LV1: $0,87 \pm 0,24$ PC DA LV2: $1,10 \pm 0,23$ PC DA MAX: $1,18 \pm 0,21$ PC DA Chute frontal LV1: $0,92 \pm 0,20$ PC DA LV2: $1,13 \pm 0,19$ PC DA MAX: $1,16 \pm 0,21$ PC DA Deslize frontal LV1: $0,71 \pm 0,15$ PC DA LV2: $0,85 \pm 0,16$ PC DA MAX: $0,87 \pm 0,20$ PC DA
Fontana et al. (2012)	<b>Sujeitos:</b> 22 <b>Sexo:</b> ambos <b>Idade:</b> $24 \pm 3$ <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Corrida estacionária	90, 110 e 130 bpm	90 bpm: $1,02 \pm 0,21$ PC DA 110 bpm: $1,11 \pm 0,21$ PC DA 130 bpm: $1,10 \pm 0,24$ PC DA

## 2.2. RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS EM EXERCÍCIOS AQUÁTICOS

Quando o indivíduo encontra-se em imersão no meio líquido, o comportamento das variáveis cardiorrespiratórias durante a realização de exercícios sofre a influência das propriedades físicas da água. Dentre essas variáveis, destaca-se o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), o qual reflete a intensidade de esforço do exercício e pode ser modificado de acordo com o aproveitamento dessas propriedades. Devido à magnitude de influência no  $VO_2$ , ressalta-se, entre as propriedades físicas da água, a força de resistência ao movimento (FR), que consiste na sobrecarga natural exercida pela água e pode ser compreendida pela equação geral dos fluidos, que depende densidade do meio ( $\rho$ ), da área projetada (A), da velocidade de execução (v) e do coeficiente de forma (Cf), podendo ser expressa como  $FR = 1/2 \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \cdot Cf$ . (Alexander, 1977).

Dentre esses componentes que influenciam a FR destaca-se a velocidade de execução, a qual é o principal componente que afeta diretamente a FR no meio aquático, visto que esta é elevada ao quadrado e diretamente proporcional à FR. Além disso, a manipulação da área projetada também vem a ser de grande importância, pois afeta na magnitude da massa de água a ser vencida pelo segmento corporal. Dessa forma, diferentes exercícios, que envolvam diferentes áreas projetadas e amplitudes de movimento, quando executados em um mesmo ritmo de execução, apresentam respostas cardiorrespiratórias distintas (Alberton et al., 2007; Raffaelli et al., 2010).

Além disso, cabe ressaltar, que exercícios realizados em uma mesma velocidade e/ou com uma mesma área projetada, podem apresentar velocidades angulares diferentes, pois essa está relacionada à amplitude de movimento, portanto, esse é um componente que também deve ser levado em consideração na análise dos exercícios. Da mesma forma, a massa muscular envolvida exige atenção significativa, uma vez que a magnitude de massa muscular exigida implica em intensidades de esforço proporcionais a esta.

### **2.2.1. Respostas cardiorrespiratórias de exercícios aquáticos realizados em diferentes intensidades**

Cassady & Nielsen (1992), compararam as respostas de um exercício de membros superiores, que consistia em adução e abdução de ombros à 90° combinado com a flexão e extensão de ombros à 90°, com um exercício de membros inferiores, o qual consistia em flexão de quadril à 90° e extensão até a posição neutra, alternando entre membro inferior esquerdo e direito, com 40 sujeitos jovens de ambos os sexos, em diferentes velocidades de execução (60, 80 e 100 bpm). Os autores verificaram aumentos nas respostas de  $VO_2$  com o aumento da velocidade de execução do movimento, com diferença significativa entre as cadências, para todos os exercícios analisados. Dessa forma, ficaram os maiores valores para a cadência de 100 bpm (membros superiores:  $\approx 15 - 20 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , membros inferiores:  $\approx 25 - 30 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), seguida de 80 bpm (membros superiores:  $\approx 10 - 15 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , membros inferiores:  $\approx 20 - 25 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), e a cadência de 60 bpm com os menores valores bpm (membros superiores:  $\approx 10 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , membros inferiores:  $\approx 15 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ).

Alberton et al. (2009), também investigaram a influência da alteração da velocidade de execução, porém, apenas com um exercício de hidroginástica. Foram avaliadas 12 mulheres jovens, que realizaram o exercício de corrida estacionária, nas cadências de 60, 80 e 100 bpm, além de um teste de esforço máximo em esteira terrestre para verificar o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{max}}$ ) e, dessa forma, em que percentuais desse valor se encontravam nas cadências submáximas. De forma semelhante ao estudo anterior, foram observadas respostas crescentes de  $VO_2$  com o aumento do ritmo de execução do exercício, com diferenças significativas entre as três cadências, ficando a cadência de 100 bpm com os maiores valores de  $VO_2$  relativo, em torno de  $19,57 \pm 1,62 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , seguida de 80 bpm que teve como resposta média  $14,30 \pm 1,13 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , e por fim, os 60 bpm, com média de  $11,17 \pm 0,83 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Além disso, também foi possível constatar que os sujeitos atingiam percentuais significativamente mais elevados do  $VO_{2\text{max}}$  com o aumento da velocidade do exercício, sendo esses percentuais de 41,97%, 50,62% e 59,56% para 60, 80 e 100 bpm, respectivamente.

Vindo ao encontro a esses resultados, Pinto et al. (2011) compararam as respostas cardiorrespiratórias do exercício de corrida estacionária combinado com flexão e extensão de cotovelos, nas cadências de 80 e 100 bpm, realizado por 15 mulheres jovens. Como

resultados, foi possível observar um incremento significativo das respostas de  $VO_2$  com o aumento da velocidade do exercício, ficando as maiores respostas para a cadência de 100 bpm ( $18,54 \pm 3,15 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), e as menores para 80 bpm ( $17,16 \pm 2,66 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ). Nesse estudo, também foi realizado um teste de esforço máximo em esteira terrestre para obtenção do valor de  $VO_{2\text{max}}$ , a partir do qual foi possível observar que, com o aumento da cadência, os indivíduos encontraram-se em percentuais mais altos do máximo esforço (100bpm: 45,88%, 80 bpm: 42,76%).

Similarmente às investigações supracitadas, Raffaelli et al. (2010), compararam as respostas de  $VO_2$  e de percentuais do  $VO_{2\text{max}}$  de cinco exercícios de hidroginástica, em cadências que ficavam entre 110 – 120 bpm, 120 – 130 bpm, e 130 – 140 bpm, com 12 mulheres jovens. Esses autores também verificaram um aumento significativo das respostas das variáveis analisadas com o aumento do ritmo de execução, independente do exercício. Na corrida estacionária, por exemplo, na intensidade 110 – 120 bpm, obteve-se o valor médio de  $17,5 \pm 3,8 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , já em 120 – 130 bpm, verificou-se média de  $20,6 \pm 6,3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e, em 130 – 140 bpm,  $24,9 \pm 6,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ .

De maneira geral, os autores atribuem esse comportamento de incremento das respostas cardiorrespiratórias com o aumento da velocidade do exercício ao fato de que a velocidade influencia na FR ao movimento, uma vez que está ao quadrado e é diretamente proporcional à mesma na equação geral dos fluídos. Ocorre, portanto, que quanto maior a velocidade, maior a FR que o fluído oferece, aumentando a intensidade do exercício e, conseqüentemente, a demanda de oxigênio necessária da musculatura envolvida para vencer essa resistência.

### **2.2.2. Respostas cardiorrespiratórias de diferentes exercícios aquáticos**

Em relação à influência das diferentes características dos exercícios, Cassady & Nielsen (1992), realizaram a comparação das respostas de três exercícios de hidroginástica (membros superiores: adução e abdução de ombros à 90° e flexão e extensão de ombros à 90°, e membros inferiores: flexão de quadril à 90° e extensão até a posição neutra). Verificou-se que o exercício realizado com os membros inferiores obteve respostas de  $VO_2$  significativamente maiores do que as obtidas com os exercícios de membros superiores. Os autores atribuem esses resultados ao fato de que os membros inferiores representam uma

maior área projetada combinada a uma maior quantidade de massa muscular a ser carregada contra a resistência da água, exigindo maior esforço do indivíduo para realizar o movimento, e, conseqüentemente, maior demanda energética.

Pinto et al. (2006), compararam as respostas dos exercícios deslize frontal e deslize lateral, realizados por 10 mulheres jovens, na cadência de 80 bpm. Os resultados do estudo demonstraram que o exercício deslize frontal apresentou respostas de  $\text{VO}_2$  significativamente maiores que o deslize lateral, sendo a média do  $\text{VO}_2$  relativo verificado de  $17,87 \pm 4,03 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e  $12,47 \pm 2,16 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , para o deslize frontal e o deslize lateral, respectivamente. Esse comportamento pode ser justificado pelas diferentes características dos exercícios, uma vez que o deslize frontal apresenta uma maior amplitude de movimento, área projetada e massa muscular envolvida quando comparado ao deslize lateral, o que acarreta na necessidade de maior volume de oxigênio a ser consumido.

Já Alberton et al. (2007), realizaram a comparação de oito exercícios de hidroginástica, realizados por mulheres pós-menopáusicas na cadência fixa de 60 bpm. Os exercícios utilizados no estudo foram o chute frontal a  $90^\circ$ , o deslize frontal, a corrida estacionária e o deslize lateral, os quais foram combinados com dois exercícios de membros superiores: empurrar a frente e flexão e extensão horizontal de ombros. Como resultado principal, o exercício que apresentou a maior intensidade de esforço foi o chute frontal a  $90^\circ$  combinado com a flexão e extensão horizontal de ombros, com  $\text{VO}_2$  médio relativo de  $16,48 \pm 3,49 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Já o exercício menos intenso foi o deslize lateral com os membros superiores empurrando a frente, que apresentou  $\text{VO}_2$  médio relativo de  $8,22 \pm 1,66 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Mais uma vez essas diferentes respostas entre os exercícios estão relacionadas aos diferentes níveis de esforço fisiológico que estes desencadeiam devido às suas características distintas. Da mesma forma que nos estudos citados anteriormente, nesse, o exercício com maior área projetada, massa muscular envolvida e amplitude de movimento exigiu maior custo energético do que aqueles que apresentam essas características reduzidas.

Com uma abordagem muito semelhante ao estudo de Alberton et al. (2007), Raffaelli et al. (2010), avaliaram o comportamento do  $\text{VO}_2$  de cinco exercícios de hidroginástica, sendo eles a corrida estacionária, o chute frontal a  $90^\circ$ , o chute lateral, o salto lateral e o salto frontal. Para demonstrar o comportamento das respostas desses exercícios, os autores os agruparam em três grupos, em ordem crescente de valores de  $\text{VO}_2$ , sendo que foram observadas diferenças significativas entre os grupos, ficando: Grupo 1 – salto lateral ( $16,7 \pm 6,2 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) e salto frontal ( $18,0 \pm 5,9 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ); grupo 2 – corrida estacionária ( $20,6 \pm 6,3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ); e, grupo 3 – chute frontal ( $27,0 \pm 9,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) e chute lateral ( $25,4 \pm 9,2$

ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), sendo esses valores relativos à intensidade de 120 – 130 bpm. Muito similarmente aos demais estudos, as maiores respostas foram ocasionadas pelos exercícios com superiores áreas projetadas, massa muscular envolvida e amplitude de movimento.

De uma forma geral, respostas semelhantes foram verificadas em todos os estudos, demonstrando que sempre os exercícios que apresentaram maiores amplitudes de movimento, velocidades angulares, massa muscular envolvida e área projetada acarretaram em valores mais altos de VO<sub>2</sub>, como é o exemplo do chute frontal a 90° e do deslize frontal. Em contrapartida, exercícios com esses componentes reduzidos, tais como o deslize lateral, resultaram em respostas inferiores de VO<sub>2</sub>.

O conhecimento do comportamento do VO<sub>2</sub> durante a imersão no meio aquático torna-se de fundamental importância para a correta prescrição de exercícios dessa característica, pois, como foi possível observar, a resposta dessa variável durante o exercício é dependente da característica deste. Mais especificamente, quando o objetivo é atingir cargas mais altas de trabalho, deve-se utilizar grandes áreas projetadas e elevada velocidade de execução. Por outro lado, quando o intuito é reduzir as cargas da atividade, sugere-se priorizar o uso de pequenas áreas projetadas e baixas velocidades de execução. Sendo assim, a manipulação desses componentes possibilita o aumento gradual da intensidade do exercício, que deve ser feito com base na condição física e nas necessidades dos indivíduos. Entretanto, ainda são necessários estudos que investiguem as respostas cardiorrespiratórias de exercícios de hidroginástica, visto que essa é uma atividade composta por uma grande variedade de exercícios, realizados em diferentes amplitudes e intensidades.

Além disso, salienta-se a importância de realizar estudos que utilizem testes máximos que estejam de acordo com as características dos exercícios que serão analisados. Os estudos que analisaram percentuais do máximo esforço de exercícios de hidroginástica o fizeram com base em testes executados na esteira terrestre, contudo, foi demonstrado por estudos prévios (Alberston, 2011; Alberston et al., 2012a) que as respostas máximas e submáximas são menores em exercícios de hidroginástica em comparação à corrida em esteira terrestre, o que demonstra a importância do teste progressivo máximo ser específico do exercício realizado para que demonstre as reais respostas das variáveis analisadas.



**Quadro 2 – Estudos analisando o consumo de oxigênio no meio aquático.**

<b>Estudo</b>	<b>Amostra</b>	<b>Exercício(s)</b>	<b>Intensidade(s)</b>	<b>Resultados</b>
Cassady & Nielsen (1992)	<b>Sujeitos:</b> 40 <b>Sexo:</b> ambos <b>Idade:</b> 25 ± 3,6 anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Adução e abdução de ombros à 90° e flexão e extensão de ombros à 90° (MS); flexão e extensão do quadril à 90° (MI)	60, 80 e 100 bpm	60 bpm MS: ≈ 10 MI: ≈ 15 80 bpm MS: ≈ 10 – 15 MI: ≈ 20 – 25 100 bpm MS: ≈ 15 – 20 MI: ≈ 25 – 30
Pinto et al. (2006)	<b>Sujeitos:</b> 10 <b>Sexo:</b> feminino <b>Idade:</b> 21,9 ± 0,99 anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Deslize frontal (DF); deslize lateral (DL)	80 bpm	DF: 17,87 ± 4,03 DL: 12,47 ± 2,16
Alberton et al. (2007)	<b>Sujeitos:</b> 8 <b>Sexo:</b> feminino <b>Idade:</b> 59 ± 4,69 anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Chute frontal a 90°; deslize frontal; corrida estacionária; deslize lateral. Combinados com empurrar a frente e flexão e extensão horizontal de ombros	60 bpm	Chute frontal a 90° + flexão e extensão horizontal de ombros (maiores valores): 16,48 ± 3,49 Deslize lateral + empurrar a frente: 8,22 ± 1,66
Alberton et al. (2009)	<b>Sujeitos:</b> 12 <b>Sexo:</b> feminino <b>Idade:</b> 22,3 ± 0,57 anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Corrida estacionária	60, 80 e 100 bpm	60 bpm: 11,17 ± 0,83 80 bpm: 14,30 ± 1,13 100 bpm: 19,57 ± 1,62
Raffaelli et al. (2010)	<b>Sujeitos:</b> 12 <b>Sexo:</b> feminino <b>Idade:</b> 26 ± 2,9 anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Corrida estacionária; chute frontal a 90°; chute lateral; salto lateral; salto frontal	110 – 120, 120 – 130, e 130 – 140 bpm	110 – 120 bpm: 17,5 ± 3,8 120 – 130 bpm: 20,6 ± 6,3 130 – 140 bpm: 24,9 ± 6,1
Pinto et al. (2011)	<b>Sujeitos:</b> 15 <b>Sexo:</b> feminino <b>Idade:</b> 23,33 ± 0,51 anos <b>Profundidade:</b> processo xifoide	Corrida estacionária + flexão e extensão de cotovelos	80 e 100 bpm	80 bpm: 17,16 ± 2,66 100 bpm: 18,54 ± 3,15

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. AMOSTRA**

A amostra foi composta por 12 mulheres pós-menopáusicas, ativas e voluntárias, com idade entre 50 e 65 anos. Todas essas mulheres eram praticantes de hidroginástica.

##### **3.1.1. Cálculo do tamanho da amostra**

Para o presente estudo, calculou-se o “n” amostral com base nos estudos de Alberton et al. (2007) e Barela et al. (2006), que avaliaram as respostas de consumo de oxigênio e forças de reação do solo, respectivamente, em exercícios aquáticos. Optou-se por esses estudos devido à semelhança com as presentes avaliações.

O cálculo foi realizado no programa GPOWER versão 3.0.10, no qual foi adotado um nível de significância de 0,05, um poder de 90%, um coeficiente de correlação de 0,8 e o tamanho do efeito obtido através dos resultados dos estudos supracitados. Os cálculos realizados demonstraram a necessidade de um “n” de 12 mulheres pós-menopáusicas.

##### **3.1.2. Procedimentos para a seleção da amostra**

Foram contatadas mulheres que estava participando de projetos de hidroginástica da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Após, verificou-se quais estavam de acordo com os critérios de inclusão e, dentre essas, foi realizado um sorteio de 12 pós-menopáusicas.

### **3.1.3. Critérios de inclusão**

Mulheres aparentemente saudáveis, ativas, com idade entre 50 e 65 anos, praticantes de hidroginástica por no mínimo três meses. Foi realizada uma anamnese (ANEXO A) com todos os sujeitos para verificar as principais características dos mesmos. O pesquisador realizou uma listagem que relaciona os códigos criados aos participantes. Tal listagem, de responsabilidade exclusiva do pesquisador responsável, foi mantida separada das informações que foram coletadas e manuseadas por participantes da coleta.

### **3.1.4. Critérios de exclusão**

Mulheres atletas, fumantes, que ingerissem alguma medicação que apresentasse influência nas respostas cardiorrespiratórias e neuromusculares. Além disso, essas mulheres não deveriam apresentar doenças musculoesqueléticas, ósteo-articulares, cardíacas ou pulmonares, diagnosticadas através de uma anamnese (ANEXO A).

### **3.1.5. Termo de consentimento livre e esclarecido**

Ao ingressar na pesquisa, todos os sujeitos leram e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido após aprovação pelo Comitê de Ética da UFRGS nº 18817 (ANEXO B).

## **3.2. VARIÁVEIS**

### **3.2.1. Variáveis dependentes**

- Consumo de oxigênio ( $VO_2$ )
- Percentual do consumo de oxigênio no segundo limiar ventilatório (%  $VO_2$  LV2)
- Valor de pico da força de reação vertical do solo

- Impulso da força de reação vertical do solo

### **3.2.2. Variáveis independentes**

- Cadências
  - 80 bpm
  - 100 bpm
  - 120 bpm
- Exercícios de hidroginástica
  - Chute (CH)
  - Corrida (CO)
  - Corrida Posterior (CP)
  - Deslize Frontal (DF)
  - Elevação Posterior (EP)
  - Saltito Anterior (SA)

### **3.2.3. Variáveis de controle**

- Temperatura da água: foi mantida entre 30 e 31°C.
- Profundidade de imersão: foi mantida entre processo xifoide e ombros.
- Amplitude de movimento dos exercícios

## **3.3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

Para a coleta das variáveis dependentes cardiorrespiratórias e de força de reação do solo foram executadas duas sessões compostas, cada uma delas, por três exercícios de hidroginástica. Cada exercício foi realizado em três cadências distintas randomizadas, durante 4 min cada, com intervalos de 5 min. Os exercícios também tiveram sua ordem randomizada, sendo realizados com intervalos de 15 min. Além disso, foram realizadas seis sessões de

testes máximos, uma para cada exercício, com o intuito de determinar o 2º limiar ventilatório e, posteriormente, verificar em que %VO<sub>2</sub>LV2 os sujeitos estavam nas diferentes cadências analisadas. O intervalo entre as sessões foi de no mínimo 48 h. Os exercícios foram selecionados devido ao fato de serem amplamente utilizados nas aulas de hidroginástica e apresentarem em comum o deslocamento dos membros inferiores no plano sagital/ ou envolver a musculatura flexo-extensora do quadril e joelho/ ou movimentos ântero-posteriores.

### **3.3.1. Caracterização da amostra**

Uma sessão inicial foi realizada no Centro Natatório da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ESEF-UFRGS). Essa sessão teve quatro objetivos: 1) assinatura do termo de consentimento livre esclarecido de cada uma das componentes da amostra; 2) preenchimento da ficha de dados individuais e da anamnese; 3) coleta dos dados de massa, estatura e percentual de gordura; 4) familiarização dos indivíduos com a máscara de coleta de gases e com os exercícios de hidroginástica a serem executados nas diferentes cadências.

A mensuração dos dados de massa corporal e estatura foi realizada na balança e no estadiômetro, respectivamente. Após, foram medidas as dobras cutâneas tricipital, subescapular, peitoral, axilar-média, suprailíaca, abdominal e coxa com um plicômetro. A partir desses dados, foi estimada a composição corporal por meio da fórmula de Siri (1993). A seguir, o indivíduo entrou na piscina para a familiarização com os exercícios de hidroginástica e com as cadências que foram utilizadas posteriormente nas sessões experimentais. Nesse momento, os exercícios foram demonstrados e todos os detalhes de execução e amplitude de movimento explicados.

### **3.3.2. Protocolo para a coleta de dados**

As demais sessões de coleta de dados dos testes aquáticos também aconteceram na piscina do Centro Natatório da ESEF-UFRGS, em dias distintos, com intervalo mínimo de 48 h entre cada teste, os quais tiveram sua ordem randomizada e foram realizados sempre no

mesmo horário do dia, para evitar variações do ritmo circadiano. O protocolo foi dividido em duas fases: 1) Testes de esforço máximo no meio aquático dos seis exercícios de hidroginástica, sendo uma sessão para cada exercício (totalizando seis sessões) e 2) Protocolo experimental para a coleta dos valores cardiorrespiratórios submáximos e de força de reação do solo dos diferentes exercícios e cadências, sendo uma sessão para cada três exercícios (totalizando duas sessões). Sendo assim, cada sujeito participou de seis sessões para os testes máximos referentes aos exercícios, e outras duas sessões para a coleta dos dados de força de reação do solo e respostas cardiorrespiratórias submáximas, totalizando oito sessões para cada participante. Os seguintes exercícios foram realizados durante o protocolo experimental:

- Chute (CH): O exercício é dividido em duas fases, cada uma delas realizada em 1 batimento. A posição inicial é em pé, com os braços ao lado do corpo. A primeira fase do exercício consiste na flexão do quadril até  $45^\circ$ , flexão (decorrente da resistência da água) seguida de extensão do joelho e flexão plantar do tornozelo direito. A segunda fase do exercício consiste na extensão do quadril, flexão inicial seguida de extensão do joelho e flexão dorsal do tornozelo direito. Os membros inferiores direito e esquerdo realizam o mesmo movimento alternadamente. Logo, o exercício apresenta apoio unipodal e uma fase de voo, onde ocorre a troca de apoio entre os pés direito e esquerdo (Figura 3).

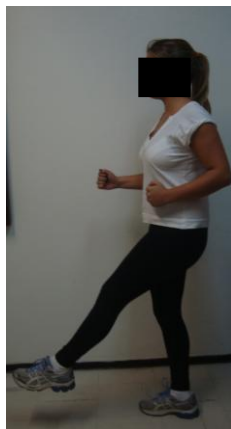


Figura 3. Exercício de chute (CH).

- Corrida (CO): O exercício é dividido em duas fases, cada uma delas realizada em 1 batimento. A posição inicial é em pé, com os braços ao lado do corpo. A primeira fase do exercício consiste na flexão do quadril e do joelho direitos até  $90^\circ$  e a segunda fase na extensão do quadril e do joelho direitos. Os membros inferiores direito e esquerdo realizam o

mesmo movimento alternadamente, logo, o exercício apresenta apoio unipodal e uma fase de voo, onde ocorre a troca de apoio entre os pés direito e esquerdo (Figura 4).

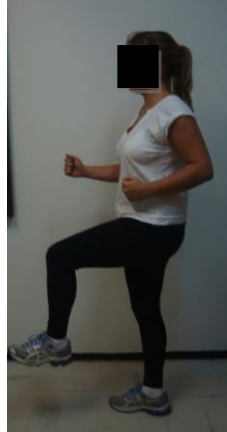


Figura 4. Exercício de corrida (CO).

- Corrida posterior (CP): O exercício é dividido em duas fases, cada uma delas realizada em 1 batimento. A posição inicial é em pé, com os braços ao lado do corpo. A primeira fase do exercício consiste em uma flexão do joelho direito até  $90^\circ$  e a segunda fase extensão do joelho. Os membros inferiores direito e esquerdo realizam o mesmo movimento alternadamente. Logo, o exercício apresenta apoio unipodal e uma fase de voo, onde ocorre a troca de apoio entre os pés direito e esquerdo (Figura 5).



Figura 5. Exercício de corrida posterior (CP).

- Deslize frontal (DF): O exercício é dividido em duas fases, cada uma delas realizada em 1 batimento. A posição inicial é em pé, com o corpo inclinado para frente e com os braços ao lado do corpo. A primeira fase do exercício consiste na flexão do quadril direito até  $60^\circ$  com uma semi-flexão do joelho, a fim de manter o apoio total do pé no solo. A segunda fase do exercício consiste na extensão do quadril e do joelho e flexão dorsal do tornozelo direitos,

mantendo o apoio total do pé no solo. Os membros inferiores direito e esquerdo realizam o mesmo movimento alternadamente, mantendo um alinhamento corporal do membro inferior que está estendido com a coluna vertebral. Esse exercício, por sua vez, apresenta apoio bipodal, não existindo uma fase de voo (Figura 6).



Figura 6. Exercício de deslize frontal (DF).

- Elevação posterior (EP): O exercício é dividido em duas fases, cada uma delas realizada em 1 batimento. A posição inicial é em pé, com o corpo inclinado para frente e com os braços ao lado do corpo. A primeira fase do exercício consiste na flexão do quadril direito até  $60^\circ$  com uma semi-flexão do joelho, a fim de manter o apoio total do pé no solo, enquanto o quadril esquerdo realiza uma hiperextensão até  $45^\circ$  com o joelho estendido e o tornozelo em flexão dorsal. A segunda fase do exercício consiste na flexão do quadril e do joelho, flexão dorsal do tornozelo esquerdo, até que o pé retorne ao solo. Os membros inferiores direito e esquerdo realizam o mesmo movimento alternadamente, mantendo um alinhamento corporal do membro inferior que está estendido com a coluna vertebral. Logo, o exercício apresenta apoio unipodal e uma fase de voo, onde ocorre a troca de apoio entre os pés direito e esquerdo (Figura 7).





Figura 7. Exercício de elevação posterior (EP).

- Saltito anterior (SA): O exercício é dividido em duas fases, cada uma delas realizada em 1 batimento. A posição inicial é em pé, com os braços ao lado do corpo. A primeira fase consiste em uma flexão do quadril e de joelhos até  $90^\circ$ , retirando os pés simultaneamente do solo e realizando concomitante báscula posterior. A segunda fase consiste em extensão de quadril e joelhos, retornando os pés ao solo. Logo, esse exercício apresenta apoio bipodal e uma fase de voo (Figura 8).



Figura 8. Exercício de saltito anterior (SA).

Todos os exercícios foram realizados de forma estacionária, sem deslocamento, e, além disso, o movimento de membros superiores foi similar em todos os exercícios, realizado apenas para manter o equilíbrio durante a execução do exercício.

### 3.3.2.1. Testes máximos no meio aquático dos seis exercícios de hidroginástica

Os testes progressivos máximos referentes aos exercícios supracitados foram realizados em uma piscina com dimensões de 16 m de comprimento, 8 m de largura e 1,10 a 1,40 m de profundidade possibilitando o controle da profundidade de imersão em nível de processo xifoide. A temperatura da água foi mantida entre 31 e 32°C. A cadência de execução em cada protocolo foi determinada por um metrônomo. Cada protocolo consistiu na execução de um determinado exercício, com um ritmo de execução inicial de 85 bpm durante 3 min e posteriores incrementos de 15 bpm a cada 2 min, protocolo já utilizado em estudo prévio de Alberton et al. (2012a)

Para o início do teste, a taxa de troca respiratória (RER) deveria estar abaixo de 0,85. A interrupção do teste ocorria quando as avaliadas indicavam a sua exaustão, por meio de um sinal manual, ou quando não conseguissem manter o ritmo proposto pelo metrônomo. A avaliação era considerada válida quando dois dos seguintes critérios eram alcançados ao final do teste (Howley et al., 1995): 1) platô no  $VO_2$  com o aumento da intensidade do exercício; 2) obtenção de um RER maior do que 1,15; 3) uma frequência respiratória máxima de pelo menos 35 respirações por minuto.

### 3.3.2.2. Protocolo experimental para a coleta das variáveis cardiorrespiratórias submáximas e de força de reação do solo dos diferentes exercícios de hidroginástica

Cada participante realizou duas sessões, sendo que cada uma delas consistiu na execução de três exercícios. Entre as sessões era respeitado um intervalo de no mínimo 48 h. Nessas sessões, os exercícios eram realizados durante 4 min em cada uma das cadências de 80, 100 e 120 bpm, sobre uma plataforma de força que media a força de reação do solo e com um analisador de gases portátil que coletava os dados de  $VO_2$ . Para tanto, as amostras executavam os exercícios de pés descalços e apenas com o pé direito em cima da plataforma, todavia o pé esquerdo estava no mesmo nível que a plataforma, com o intuito de não gerar desequilíbrios durante a execução dos exercícios. As referidas cadências foram controladas por um metrônomo, e, após a execução em cada uma delas, o sujeito era submetido a um

intervalo de repouso de 5 min para recuperação antes de iniciar o exercício na próxima cadência, e de 15 minutos entre cada exercício, garantindo, dessa forma, que a participante partia sempre de uma mesma situação metabólica para iniciar o exercício nos diferentes ritmos, o que era confirmado com os valores de  $VO_2$  obtidos após o repouso. Além disso, cabe ressaltar que a ordem das cadências e dos exercícios foi randomizada.

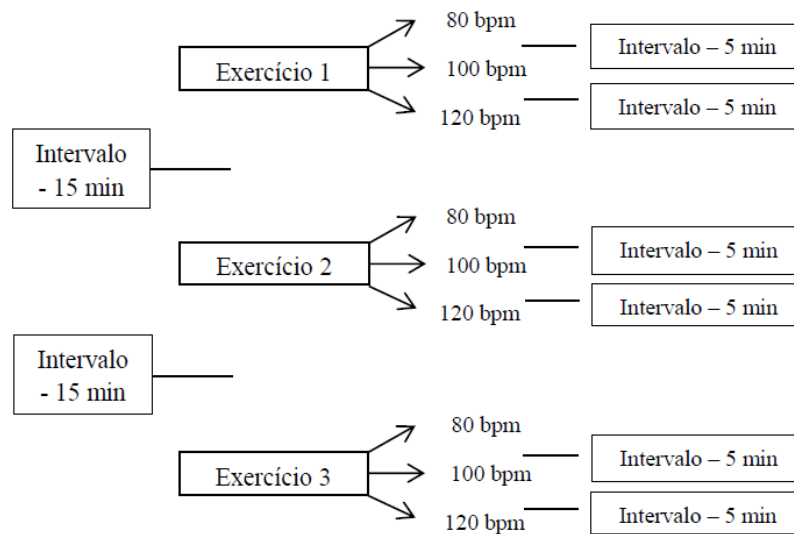


Figura 9. Representação esquemática do protocolo de coleta de dados da Força de Reação do Solo e do Consumo de Oxigênio submáximos, no qual a ordem de execução dos exercícios e cadências foi randomizada.

### 3.3.3. Instrumentos de medida

#### 3.3.3.1. Fichas de Coleta de Dados

Para a coleta de dados de caracterização da amostra foi utilizada uma ficha de dados individuais com o registro das informações referentes às participantes, tais como, nome, data de nascimento, tempo de prática de hidroginástica, massa corporal, estatura e valores das dobras cutâneas.

Para a coleta de dados dos protocolos máximos foi utilizada uma ficha de coleta de dados, na qual constam os dados referentes aos sujeitos da amostra tais como: data, nome,

código, idade, massa, estatura, temperatura ambiente e temperatura da água, bem como a identificação do protocolo realizado.

#### 3.3.3.2. Balança

Para a determinação da massa corporal utilizou-se uma balança de alavanca, da marca FILIZOLA, com resolução de 100 g.

#### 3.3.3.3. Estadiômetro

Para a determinação da estatura foi utilizado um estadiômetro da marca FILIZOLA, que é constituído de uma escala métrica, na qual desliza um cursor que mede a estatura do indivíduo na posição ortostática. Esta escala é fixa a uma base apoiada no solo, com resolução de 1 mm.

#### 3.3.3.4. Plicômetro

Para a medida das dobras cutâneas foi utilizado um plicômetro da marca LANGE, com resolução de 1 mm.

#### 3.3.3.5. Barômetro

Para a verificação da pressão atmosférica foi utilizado um barômetro digital modelo PTB 220TS, da marca VAISALA, com resolução de 1 hPa.

### 3.3.3.6. Termômetro

Para a verificação da temperatura da água foi utilizado um termômetro químico, de líquido vermelho, da marca INCOTERM, apresentando resolução de 1°C.

### 3.3.3.7. Metrônomo

Para a determinação do ritmo de execução dos protocolos de testes progressivos foi utilizado um metrônomo digital modelo MA-30, da marca KORGE, com amplitude de 40 a 208 bpm, e resolução de 1 bpm.

### 3.3.3.8. Analisador de Gases Portátil

Para a avaliação do consumo de oxigênio, utilizou-se um analisador de gases portátil do tipo caixa de mistura, modelo VO2000, da marca MedGraphics (Ann Arbor, USA) (Crouter et al., 2006). Esse foi acoplado a um pneumotacógrafo, cujo fluxo dependia da etapa do protocolo: fluxo médio (10 a 120 l.min<sup>-1</sup>) para as coletas em exercício. A taxa de amostragem dos valores coletados é uma amostra a cada 10 s.

Previamente ao início das coletas, o equipamento era calibrado por meio de gases com concentrações conhecidas e era realizada uma calibração de volume para cada faixa de volume medida. Em cada sessão de coleta, o analisador de gases era ligado e permanecia assim durante 30 minutos para aquecimento e estabilização das células de análise de gases. Após esse período, eram realizadas duas calibrações automáticas com base nos valores de gases ambientes, conforme especificações do fabricante (Crouter et al., 2006).

Os dados relativos ao avaliado (massa corporal, estatura, idade e sexo) eram registrados no equipamento, assim como o fluxo a ser utilizado. Utilizou-se um pneumotacógrafo de fluxo médio (10 a 120 l.min<sup>-1</sup>) para as coletas em exercício. O mesmo era acoplado a uma máscara de neoprene, que era ajustada em cada indivíduo de forma a evitar qualquer escape de ar.

### 3.3.3.9. Máscara

Para a coleta dos gases respiratórios foi utilizada uma máscara de neoprene acoplada ao pneumotacógrafo.

### 3.3.3.10. Plataforma de força subaquática

Para a avaliação da força de reação do solo, utilizou-se uma plataforma de força subaquática modelo *OR6-WP*, da marca AMTI, com uma frequência de amostragem de 500 hertz.

### 3.3.3.11. Microcomputador para Transmissão dos Dados

Os dados do analisador de gases e da plataforma de força subaquática foram transmitidos para um *notebook* Acer TravelMate 2201LCi, com processador INTEL CELERON D 330, através dos *softwares* Aerograph e BioAnalysis, respectivamente, sendo a taxa de aquisição dos dados de força de 500 Hertz.

## 3.4. TRATAMENTO DOS DADOS

### 3.4.1. Tratamento dos dados cardiorrespiratórios

#### 3.4.1.1. Teste de esforço máximo

O  $\text{VO}_2$  foi considerado máximo se ao final do teste uma diferença menor que  $2,1 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  fosse encontrada entre medidas de gases consecutivas de 1 min durante 2 estágios sucessivos. Se ao final do teste, não fosse observado um platô no  $\text{VO}_2$ , o pico de  $\text{VO}_2$

( $VO_{2\text{pico}}$ ) era considerado como o  $VO_{2\text{máx}}$  (Howley et al., 1995). Para determinação dos limiares ventilatórios foram utilizados pontos de inflexão nos gráficos das curvas ventilatórias. O 1º limiar ventilatório consiste no ponto em que a ventilação aumenta desproporcionalmente ao aumento do  $VO_2$  e pode ser identificado quando ocorre um aumento do equivalente ventilatório para o  $O_2$  sem o aumento do equivalente ventilatório para o  $CO_2$ . Já o 2º limiar ventilatório ocorre no ponto em que a ventilação aumenta desproporcionalmente à produção de  $CO_2$  e pode ser identificado como o ponto a partir do qual o equivalente ventilatório para o  $CO_2$  aumenta progressiva e exponencialmente (Faude et al., 2009).

#### 3.4.1.2. Protocolo experimental submáximo

Durante a execução dos exercícios, era analisada a variável  $VO_2$  a partir da média dos valores obtidos entre o terceiro e quarto minutos de exercício, quando os indivíduos já haviam atingido o *steady state*. Além disso, o % $VO_2LV2$  foi calculado com base nos valores referentes aos limiares ventilatórios obtidos no protocolo de esforço máximo do mesmo exercício.

#### **3.4.2. Tratamento dos dados de força de reação do solo no protocolo experimental submáximo**

O sinal da FRS captado pela plataforma de força foi gravado em um microcomputador no *software* de aquisição dos dados BioAnalysis. Esse sinal foi exportado para análise no software SAD32. Primeiramente, realizou-se filtragem digital do sinal, utilizando-se filtros do tipo passa-baixa *Butterworth*, com frequência de corte de 30 Hz. Inicialmente, era realizado um recorte no tempo correspondente ao início e final da fase de apoio de cada repetição. A seguir, foram determinados os picos de força de reação vertical do solo de 10 repetições de cada exercício em cada intensidade. Esses valores foram normalizados pelo peso corporal dos sujeitos mensurado fora da água. Também foi realizada uma análise do impulso a partir da integral, isto é, área sob a curva, entre força e tempo de apoio das mesmas repetições. Com os valores obtidos, foi feita uma média das cinco repetições centrais de cada variável para a

posterior análise estatística. Para a análise temporal das curvas força pelo tempo, o eixo x, que corresponde ao tempo, foi normalizado de 0 a 100%. Logo, foi realizada uma curva média, correspondente às cinco repetições selecionadas, para cada sujeito em cada situação. Essas curvas médias foram reamostradas em 115 pontos, e exportadas para o *software* Excel, para o cálculo das curvas médias entre os sujeitos.

### 3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para analisar os dados coletados, foi utilizada estatística descritiva, com os dados apresentados utilizando-se médias  $\pm$  desvio-padrão (DP). Utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk para a análise da normalidade dos dados. As variáveis dependentes foram analisadas por meio de análise de variância de dois fatores para medidas repetidas, sendo considerados os fatores exercício e cadência. Quando a interação cadência\*exercício foi significativa, testes F (Anova para medidas repetidas) foram aplicados para testar novamente os efeitos principais separadamente. Para a localização das diferenças significativas entre as situações utilizou-se o teste complementar de Bonferroni. O índice de significância adotado neste estudo foi de  $\alpha = 0,05$  e o pacote estatístico SPSS versão 20.0 foi utilizado.



## 4 RESULTADOS

### 4.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra foi composta por 12 mulheres pós-menopáusicas, voluntárias e saudáveis. A Tabela 1 apresenta os resultados médios e de variabilidade (desvio-padrão da média (DP), valores mínimos e máximos) das variáveis de caracterização da amostra (idade, estatura, massa corporal, massa corporal magra e gordura corporal).

**Tabela 1 – Caracterização da amostra: médias, desvios padrão da média (DP), valores mínimos e máximos das variáveis idade, estatura, massa corporal, e gordura corporal.**

Mulheres pós – menopáusicas n = 12				
Variáveis	Média	DP	Mínimo	Máximo
<b>Idade (anos)</b>	57,27	±2,57	54,00	62,00
<b>Estatura (cm)</b>	158,06	±6,86	150,00	173,00
<b>Massa corporal (kg)</b>	68,75	±10,42	47,70	79,60
<b>Gordura corporal (%)</b>	35,80	±5,68	24,43	43,19

### 4.2. RESPOSTAS DE PICO DE FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO

As respostas de força de reação do solo produzidas pelos exercícios chute (CH), corrida (CO), corrida posterior (CP), deslize frontal (DF), elevação posterior (EP), e saltito anterior (SA), nas cadências de 80, 100 e 120 bpm, podem ser visualizadas na Tabela 2.

**Tabela 2 - Análise de variância dos efeitos principais cadência (Cad) e exercícios (Exerc) e do fator de interação (Exerc\*Cad): médias e desvios padrão da média (DP) da variável pico de força de reação do solo (FRS<sub>pico</sub>) em unidades de peso corporal dentro da água (PC) para os diferentes exercícios (CH: chute, CO: corrida, CP: corrida posterior, DF: deslize frontal, EP: elevação posterior e SA: saltito anterior) executados nas cadências de 80, 100 e 120 bpm.**

Mulheres pós – menopáusicas n = 12										
Exercícios	80 bpm		100 bpm		120 bpm		p		p	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Exerc	Cad	Exerc*Cad	
FRS <sub>pico</sub> (PC)	CH	0,64 <sup>Aa</sup>	±0,08	0,75 <sup>Ba</sup>	±0,13	0,76 <sup>Ca</sup>	±0,07			
	CO	0,59 <sup>Aa</sup>	±0,13	0,78 <sup>Ba</sup>	±0,18	0,8 <sup>Ca</sup>	±0,19			
	CP	0,57 <sup>Ab</sup>	±0,14	0,68 <sup>Bab</sup>	±0,16	0,73 <sup>Cab</sup>	±0,18	<0,001	<0,001	0,053
	EP	0,56 <sup>Ab</sup>	±0,14	0,74 <sup>Bab</sup>	±0,14	0,77 <sup>Cab</sup>	±0,15			
	DF	0,49 <sup>Ab</sup>	±0,2	0,61 <sup>Bb</sup>	±0,13	0,65 <sup>Cb</sup>	±0,17			
	SA	0,21 <sup>Ac</sup>	±0,05	0,27 <sup>Bc</sup>	±0,07	0,38 <sup>Cc</sup>	±0,13			

- Letras maiúsculas diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências.

- Letras minúsculas diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os exercícios.

Foi possível observar que o fator cadência exerceu influência significativa sobre a variável analisada, demonstrando diferenças significativas entre todas as cadências, ficando os maiores valores para a cadência de 120 bpm. O fator exercício também influenciou significativamente a magnitude da FRS<sub>pico</sub>, e, o teste complementar de Bonferroni indicou diferenças significativas entre eles. Mais especificamente, o SA apresentou valores significativamente menores que os demais exercícios. Além disso, os exercícios CO, CH, CP e EP apresentaram os maiores valores e foram semelhantes entre si, ressaltando que a CP e a EP também tiveram respostas similares ao DF, o qual foi significativamente menor que a CO e o CH.

A interação entre os fatores cadência\*exercício não foi significativa. Logo, isso indica que, independentemente do exercício, as respostas de FRS<sub>pico</sub> foram sempre maiores para a cadência de 120 bpm e que, independente da cadência, o padrão de resposta dos exercícios foi o mesmo. O comportamento dessa variável pode ser observado na figura 10.

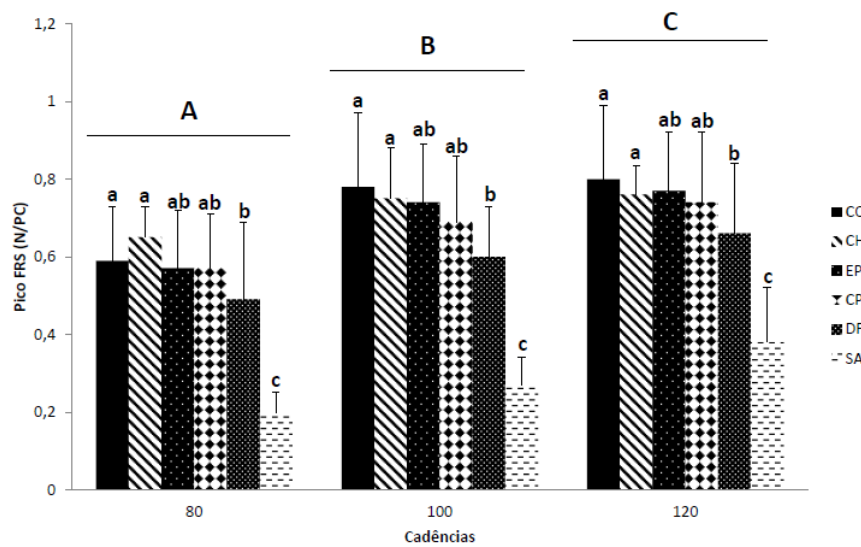


Figura 10 – Comportamento do pico de força de reação do solo ( $FRS_{pico}$ ) para os diferentes exercícios realizados nas cadências de 80, 100 e 120 bpm. Letras maiúsculas diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências ( $p < 0,05$ ) e letras minúsculas diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os exercícios ( $p < 0,05$ ).

#### 4.3. RESPOSTAS DE FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO AO LONGO DO TEMPO

A análise temporal global da curva força X tempo é apresentada na figura 11. A partir dos gráficos apresentados, é possível observar o comportamento da força de reação do solo ao longo do tempo normalizado durante fase de apoio do pé com o solo para os exercícios chute (CH), corrida (CO), corrida posterior (CP), deslize frontal (DF), elevação posterior (EP), e saltito anterior (SA), em cada uma das cadências analisadas (80, 100 e 120 bpm).

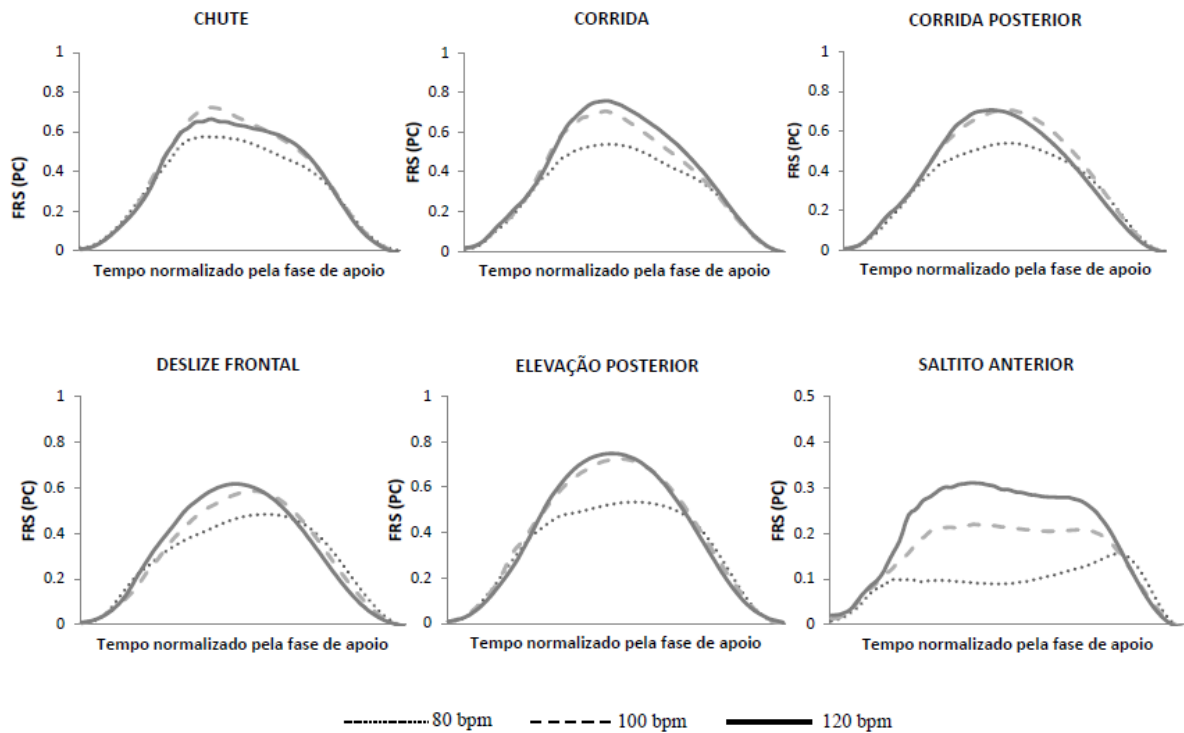


Figura 11 – Curva média força X tempo dos exercícios CH, CO, CP, DF, EP e SA realizados nas cadências de 80, 100 e 120 bpm.

#### 4.4. RESPOSTAS DE IMPULSO

As respostas da variável impulso (IMP) geradas pelos exercícios chute (CH), corrida (CO), corrida posterior (CP), deslize frontal (DF), elevação posterior (EP), e saltito anterior (SA), nas cadências de 80, 100 e 120 bpm, são apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3 - Análise de variância dos efeitos principais cadência (Cad) e exercícios (Exerc) e do fator de interação (Exerc\*Cad): médias e desvios padrão da média (DP) da variável impulso (IMP) para os diferentes exercícios (CH: chute, CO: corrida, CP: corrida posterior, DF: deslize frontal, EP: elevação posterior e SA: saltito anterior) executados nas cadências de 80, 100 e 120 bpm.**

Mulheres pós – menopáusicas n = 12

Exercícios	80 bpm		100 bpm		120 bpm		p	p	p	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Exerc	Cad	Exerc*Cad	
<b>CH</b>	133,22 <sup>Aa</sup>	±30,34	110,33 <sup>Ba</sup>	±25,27	93,85 <sup>Cab</sup>	±20,03				
<b>CO</b>	121,03 <sup>Aab</sup>	±31,90	107,46 <sup>Bab</sup>	±28,22	91,11 <sup>Cab</sup>	±23,78				
<b>IMP</b>	<b>CP</b>	124,04 <sup>Aab</sup>	±35,87	104,45 <sup>Bab</sup>	±30,36	89,30 <sup>Cab</sup>	±30,00	<0,001	<0,001	<0,001
	<b>EP</b>	124,20 <sup>Aab</sup>	±39,28	113,20 <sup>Ba</sup>	±34,55	97,70 <sup>Ca</sup>	±29,35			
	<b>DF</b>	84,03 <sup>bc</sup>	±53,09	77,77 <sup>b</sup>	±31,71	65,91 <sup>bc</sup>	±31,43			
	<b>SA</b>	42,98 <sup>c</sup>	±14,80	48,00 <sup>c</sup>	±11,81	53,87 <sup>c</sup>	±18,57			

- Letras maiúsculas diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências.

- Letras minúsculas diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os exercícios.

Esses resultados demonstram que ocorreu uma interação significativa entre os fatores cadência\*exercício, portanto, foi realizado um desdobramento dessa interação. Através do desdobramento verificou-se que para os exercícios de CO, CH, CP e EP o fator cadência apresentou influência significativa na variável impulso, com diferenças significativas entre todas as cadências, ficando os maiores valores com 80 bpm. Já para os exercícios DF e SA, não foram encontradas diferenças significativas com a manipulação do ritmo de execução. Quanto ao fator exercício, de uma forma geral, em todas as cadências analisadas a EP e o CH apresentaram sempre os maiores valores e o SA os menores, ficando os demais exercícios com valores intermediários. O comportamento dessa variável pode ser observado na figura 12.

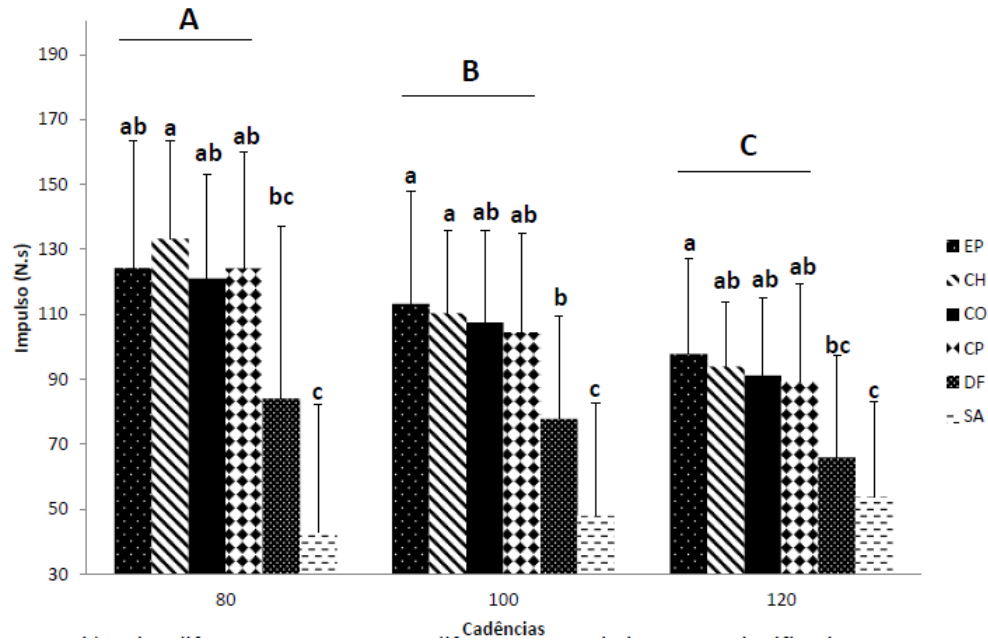


Figura 12 – Comportamento do impulso (IMP) para os diferentes exercícios realizados nas cadências de 80, 100 e 120 bpm. Letras maiúsculas diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências ( $p < 0,05$ ) e letras minúsculas diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre os exercícios ( $p < 0,05$ ).

#### 4.5. DURAÇÃO DA FASE DE APOIO

Na tabela 4 são apresentados os dados descritivos da duração da fase de apoio (DUR) do pé com o solo, para os exercícios de chute (CH), corrida (CO), corrida posterior (CP), deslize frontal (DF), elevação posterior (EP), e saltito anterior (SA), nas cadências de 80, 100 e 120 bpm.

**Tabela 4 – Médias e desvios padrão da média (DP) da duração da fase de apoio (DUR) em segundos (s) para os diferentes exercícios (CH: chute, CO: corrida, CP: corrida posterior, DF: deslize frontal, EP: elevação posterior e SA: saltito anterior) executados nas cadências de 80, 100 e 120 bpm.**

		Mulheres pós-menopáusicas n = 12					
		80 bpm		100 bpm		120 bpm	
Exercícios		Média	DP	Média	DP	Média	DP
<b>DUR (s)</b>	<b>CH</b>	0,60	±0,12	0,46	±0,09	0,38	±0,05
	<b>CO</b>	0,58	±0,05	0,45	±0,05	0,35	±0,05
	<b>CP</b>	0,61	±0,12	0,44	±0,07	0,38	±0,08
	<b>EP</b>	0,58	±0,09	0,44	±0,07	0,40	±0,07
	<b>DF</b>	0,45	±0,11	0,37	±0,08	0,30	±0,06
	<b>SA</b>	0,69	±0,11	0,49	±0,07	0,40	±0,05

#### 4.6. RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS

##### 4.6.1. Respostas do consumo de oxigênio

As respostas do consumo de oxigênio relativo ( $VO_2$ ), provocadas pelos exercícios chute (CH), corrida (CO), corrida posterior (CP), deslize frontal (DF), elevação posterior (EP), e saltito anterior (SA), nas cadências de 80, 100 e 120 bpm, são apresentadas na Tabela 5.

**Tabela 5 - Análise de variância dos efeitos principais cadência (Cad) e exercícios (Exerc) e do fator de interação (Exerc\*Cad): médias e desvios padrão da média (DP) da variável consumo de oxigênio relativo (VO<sub>2</sub>) para os diferentes exercícios (CH: chute, CO: corrida, CP: corrida posterior, DF: deslize frontal, EP: elevação posterior e SA: saltito anterior) executados nas cadências de 80, 100 e 120 bpm.**

Mulheres pós – menopáusicas n = 12										
		80 bpm		100 bpm		120 bpm		p	p	p
Exercícios		Média	DP	Média	DP	Média	DP	Exerc	Cad	Exerc*Cad
VO <sub>2</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	CH	7,32 <sup>a</sup>	±2,39	8,30 <sup>b</sup>	±2,87	8,61 <sup>c</sup>	±3,82			
	CO	6,43 <sup>a</sup>	±2,80	7,94 <sup>b</sup>	±2,33	9,02 <sup>c</sup>	±2,84			
	CP	5,69 <sup>a</sup>	±2,11	7,62 <sup>b</sup>	±2,74	8,19 <sup>c</sup>	±2,73	0,127	<0,001	0,157
	DF	6,33 <sup>a</sup>	±1,67	7,08 <sup>b</sup>	±2,09	7,77 <sup>c</sup>	±2,46			
	EP	7,35 <sup>a</sup>	±3,02	7,77 <sup>b</sup>	±2,47	7,95 <sup>c</sup>	±4,67			
	SA	5,25 <sup>a</sup>	±1,37	6,05 <sup>b</sup>	±2,67	8,07 <sup>c</sup>	±2,39			

- Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências.

Os resultados demonstram que o fator cadência influenciou significativamente a variável VO<sub>2rel</sub>, com diferenças significativas entre as cadências, ficando os maiores valores para os 120 bpm. Em relação ao fator exercício, não foram encontradas diferenças significativas entre todos os exercícios. Além disso, a interação entre os fatores cadência\*exercício não foi significativa. Sendo assim, demonstra-se que, independente do exercício, as respostas de VO<sub>2</sub> foram sempre maiores para a cadência de 120 bpm e que, independente da cadência, o padrão de resposta dos exercícios foi o mesmo. O comportamento dessa variável pode ser observado na figura 13.



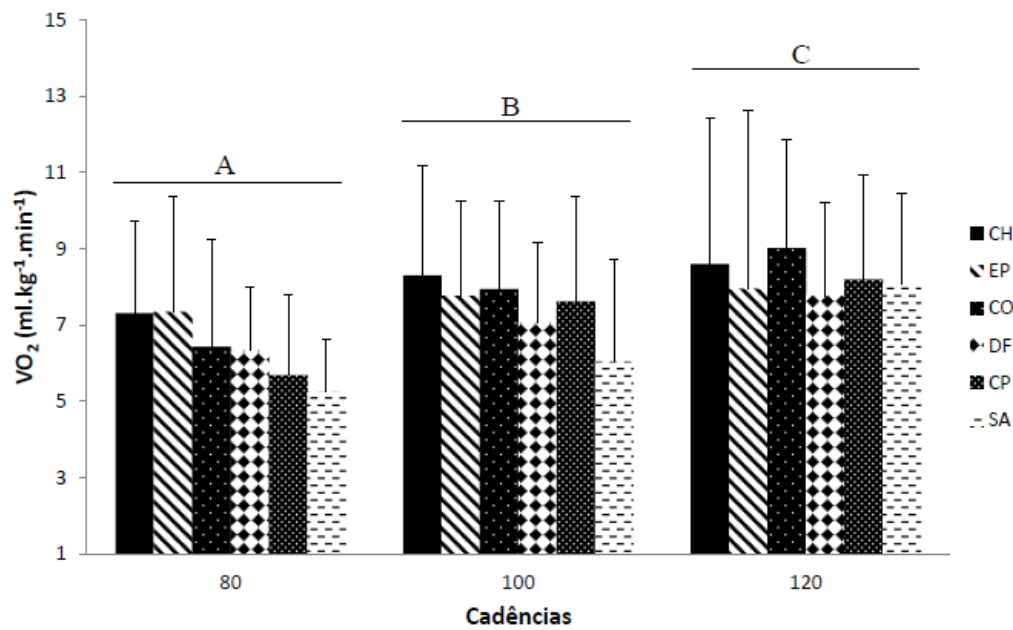


Figura 13 – Comportamento do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) para os diferentes exercícios realizados nas cadências de 80, 100 e 120 bpm.

#### 4.6.2. Percentual do consumo de oxigênio referente ao segundo limiar ventilatório

As respostas da variável percentual do consumo de oxigênio referente ao segundo limiar ventilatório ( $\%VO_2$  LV2), provocadas pelos exercícios chute (CH), corrida (CO), corrida posterior (CP), deslize frontal (DF), elevação posterior (EP), e saltito anterior (SA), nas cadências de 80, 100 e 120 bpm, são apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 6 - Análise de variância dos efeitos principais cadência (Cad) e exercícios (Exerc) e do fator de interação (Exerc\*Cad): médias e desvios padrão da média (DP) da variável percentual do consumo de oxigênio referente ao segundo limiar ventilatório (%VO<sub>2</sub> LV2) para os diferentes exercícios (CH: chute, CO: corrida, CP: corrida posterior, DF: deslize frontal, EP: elevação posterior e SA: saltito anterior) executados nas cadências de 80, 100 e 120 bpm.**

Mulheres pós – menopáusicas n = 12										
Exercícios	80 bpm		100 bpm		120 bpm		p	p	p	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Exerc	Cad	Exerc*Cad	
%VO <sub>2</sub> LV2 (%)	CH	48,91 <sup>a</sup>	±19,30	56,50 <sup>b</sup>	±22,47	56,95 <sup>c</sup>	±26,02			
	CO	42,04 <sup>a</sup>	±17,06	51,03 <sup>b</sup>	±16,78	57,24 <sup>c</sup>	±16,92			
	CP	50,06 <sup>a</sup>	±23,35	62,58 <sup>b</sup>	±30,64	69,64 <sup>c</sup>	±31,86	0,271	<0,001	0,088
	DF	50,09 <sup>a</sup>	±16,12	55,95 <sup>b</sup>	±20,85	62,72 <sup>c</sup>	±23,57			
	EP	54,17 <sup>a</sup>	±20,87	55,83 <sup>b</sup>	±16,38	62,37 <sup>c</sup>	±23,91			
	SA	37,31 <sup>a</sup>	±14,00	44,56 <sup>b</sup>	±21,63	59,74 <sup>c</sup>	±16,68			

- Letras diferentes representam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências.

Com base nos resultados apresentados, observa-se que o fator cadência influenciou significativamente a variável %VO<sub>2</sub> LV2, com diferenças significativas entre as cadências, ficando os maiores valores para os 120 bpm. Já no que se refere ao fator exercício, quando os valores referentes aos mesmos foram relativizados pelo segundo limiar ventilatório e expressos em percentuais deste, não foram encontradas diferenças significativas entre todos os exercícios. Ademais, a interação entre os fatores cadência\*exercício não foi significativa. Assim, verifica-se que, independente do exercício, as respostas de %VO<sub>2</sub> LV2 foram sempre maiores para a cadência de 120 bpm e que, independente da cadência, o padrão de resposta dos exercícios foi o mesmo. O comportamento dessa variável pode ser observado na figura 14.

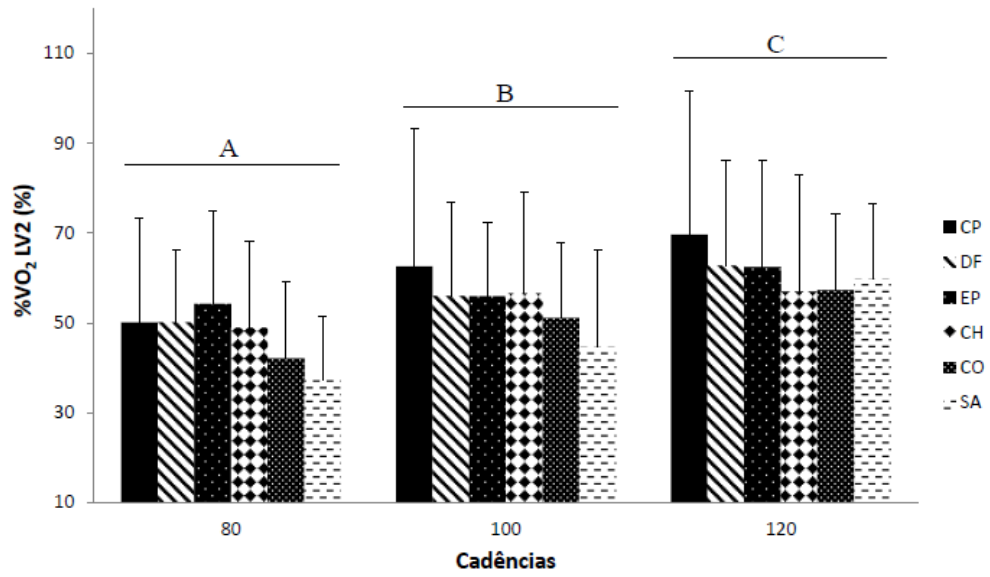


Figura 14 – Comportamento do consumo de oxigênio correspondente ao segundo limiar ventilatório ( $\%VO_2LV2$ ) para os diferentes exercícios realizados nas cadências de 80, 100 e 120 bpm.

## 5 DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo estão relacionados à influência da intensidade em que os exercícios são realizados, nas variáveis de FRS e  $VO_2$ . De maneira geral, foi possível observar que, com o aumento da velocidade de execução do exercício, o que, nesse caso, representa um conseqüente aumento na intensidade do mesmo, ocorre um incremento das respostas, tanto de FRS quanto de  $VO_2$ . Além disso, verificou-se que as diferentes características dos exercícios também são um fator que contribui para a alteração da FRS, uma vez que exercícios com diferentes características desencadearam respostas distintas dessa variável.

### 5.1. RESPOSTAS DE FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO

Os resultados do presente estudo demonstraram diferenças significativas entre as cadências, apresentando maiores valores de  $FRS_{pico}$  e da FRS ao longo do tempo, com o aumento do ritmo de execução do exercício, ficando os maiores valores para a cadência de 120 bpm, seguidos por 100 bpm e 80 bpm. Esses resultados estão de acordo com Alberton et al. (2012b) que analisou três exercícios de hidroginástica, sendo eles a corrida, o chute frontal e o deslize frontal, realizados por mulheres jovens nas cadências referentes ao LV1, LV2 e máximo esforço do indivíduo, e também verificaram menores valores de FRS no menor ritmo de execução. Mais especificamente, em LV1, o valor médio da cadência correspondente ao chute foi 103, da corrida 98 e do deslize frontal também 98 bpm. Já para LV2, as cadências médias foram, para o chute 123, para a corrida 135 e para o deslize frontal 128 bpm. Portanto, é possível realizar um paralelo desse com o presente estudo, uma vez que pode-se observar que a intensidade de LV1 ficou próxima de 100 bpm e que a de LV2 próxima dos 120 bpm. Essas informações também sugerem que a cadência de 80 bpm, utilizada nesse estudo, encontra-se em uma zona subaeróbia, tal como confirmado nos dados cardiorrespiratórios do presente estudo. Ainda, os resultados do presente estudo estão parcialmente de acordo com os dados de Fontana et al. (2012), que investigaram a corrida estacionária realizada por sujeitos jovens em diferentes cadências (90, 110 e 130 bpm) e verificaram que a cadência de 90 bpm apresentou os menores valores (0,93 PC para os homens e 1,02 PC para as mulheres), sem

diferença entre as demais cadências, as quais apresentaram valores, para as mulheres, de 1,11 e 1,10 PC, e, para os homens, de 1,07 e 1,06 PC, para as cadências de 110 e 130 bpm, respectivamente.

Esse aumento dos valores de pico de FRS com o aumento do ritmo de execução do exercício, provavelmente se deve à maior força propulsiva necessária para que haja deslocamento. Isso ocorre porque o aumento da cadência desencadeia um aumento na velocidade de execução do exercício, o que, por sua vez, acarreta em uma maior aceleração do corpo no momento de contato com o solo, resultando no aumento da força aplicada no solo, o que, conseqüentemente, acaba incrementando a resposta de FRS (Haupenthal et al., 2010).

Em relação aos exercícios analisados, foram verificadas diferenças no comportamento dos mesmos no que diz respeito à  $FRS_{pico}$ , ficando o saltito anterior com os menores valores quando comparado aos demais exercícios (80 bpm: 0,21, 100 bpm: 0,27, e 120 bpm: 0,38 ). Esse comportamento do SA provavelmente está relacionado às suas características de grande fase de voo, apoio bipodal e grande base de apoio, em que as últimas duas favorecem a execução da fase de voo e o amortecimento na aterrissagem. Esses resultados estão de acordo com Finatto (2011), que analisou seis exercícios de hidroginástica realizados por mulheres jovens e observou que os exercícios com apoio bipodal e característica de saltito apresentaram os menores valores (saltito adutores em LV1: 0,51 PC; saltito adutores em LV2: 0,77 PC; saltito abdutores em LV1: 0,72 PC; e saltito abdutores em LV2: 0,94 PC).

Já os exercícios de CO, CH, CP e EP apresentaram um comportamento semelhante para cada cadência (80 bpm: 0,56 – 0,64 PC; 100 bpm: 0,68 – 0,78 PC; 120 bpm: 0,73 – 0,8 PC). Esse resultado também pode ser atribuído às suas características de pequena fase de voo, apoio unipodal, base de apoio menor e transferência de peso entre os segmentos, resultados que também corroboram com os achados de Finatto (2011), que verificou que os exercícios com apoio unipodal e transferência de peso entre os segmentos apresentaram os maiores valores e foram semelhantes entre si.

Entretanto, no presente estudo, um comportamento distinto foi observado entre os exercícios de CO e CH com relação ao exercício de DF, o qual apresentou valores significativamente menores que os outros dois (80 bpm: 0,49 PC; 100 bpm: 0,61 PC; 120 bpm: 0,65 PC), que foram semelhantes entre si. Esse comportamento pode ser explicado pelas diferentes características entre os exercícios, pois os exercícios de CO e CH apresentam uma

transferência de peso bem acentuada entre os segmentos, e acentuada oscilação do centro de massa, pois, no momento em que o pé toca o solo, o peso do indivíduo encontra-se em cima do membro inferior ipsilateral. Em contrapartida, no DF o peso do corpo encontra-se dividido entre ambos os membros inferiores e, além disso, devido ao fato deste apresentar característica de deslize, a transferência de peso nesse exercício, bem como a oscilação do centro de massa, se tornam menos enfatizadas. Esses dados estão de acordo com Alberton et al. (2012b), que analisaram esses mesmos três exercícios e encontraram um comportamento similar em sua comparação.

Quanto à variável impulso, foram observadas diferenças significativas entre as cadências, com redução dos valores de impulso à medida que se diminuiu o ritmo de execução, ficando, dessa forma, os maiores valores para a cadência de 80 bpm, seguida de 100 e 120 bpm. Esses resultados estão de acordo com Alberton et al. (2012b) e Finatto (2011), que atribuem esse comportamento ao fato de que, com o aumento da intensidade, a aceleração com que o pé atinge o solo aumenta, reduzindo a duração do tempo de apoio do pé com o solo, devido a maior propulsão necessária para manter uma cadência correspondente à uma intensidade mais elevada. Esse comportamento também foi verificado no presente estudo, como pode ser observado na tabela 4. Dessa forma, visto que o impulso é o resultado da relação entre a força aplicada e o tempo de duração dessa aplicação, ao reduzir o tempo de duração da fase de apoio, seja por aumento do ritmo de execução, ou por exercícios que apresentem essa característica, ocorre, conseqüentemente, uma redução do impulso gerado durante essa fase do exercício.

## 5.2. RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS

Foi possível observar, a partir dos resultados do presente estudo, que os valores de  $VO_2$  atingidos nas cadências submáximas, quando relativizados pelo segundo limiar ventilatório (LV2), obtiveram diferenças significativas entre si, ficando os maiores valores para a cadência de 120 bpm, seguidas de 100 e 80 bpm. Com relação aos diferentes exercícios, quando os valores foram relativizados em LV2, não foram encontradas diferenças significativas entre os mesmos.

Esse incremento da intensidade do exercício correspondente ao aumento do ritmo de execução do mesmo está de acordo com outros estudos da literatura (Cassady & Nielsen, 1992; Alberton et al., 2009; Raffaelli et al., 2010; Pinto et al., 2011). Esses autores também investigaram o comportamento de variáveis cardiorrespiratórias de exercícios de hidroginástica realizados em diferentes velocidades e verificaram que essas se tornam mais altas à medida que eleva-se o ritmo de execução.

Esse padrão de resposta do  $VO_2$  relacionado ao ritmo de execução pode ser atribuído ao fato de que a manipulação da velocidade implica em alterações significantes na FR ao movimento, visto que esta encontra-se ao quadrado e é diretamente proporcional a FR na equação geral dos fluídos. Dessa forma, à medida que incrementa-se a velocidade de execução, ocorre um aumento da FR oferecida pelo fluído, aumentando, conseqüentemente, a intensidade do exercício, o que acarreta na necessidade de uma maior demanda de oxigênio exigida da musculatura envolvida para que seja possível vencer essa resistência.

Já no que diz respeito à comparação das respostas entre os diferentes exercícios, quando estes foram relativizados pelo LV2, não foram encontradas diferenças significativas entre eles. Verificou-se que a cadência de 80 bpm representa 47% do LV2, os 100 bpm representam 54% do LV2, e os 120 bpm 61% do LV2. Essa ausência de diferença significativa verificada entre os exercícios, ao relativizá-los pelo LV2, corrobora com os achados de Zaffari et al., (2012), que também investigaram as respostas cardiorrespiratórias de seis exercícios de hidroginástica e observaram o mesmo padrão de comportamento, sem diferença entre os exercícios no ponto em ocorreu o LV2. Portanto, é possível inferir que se utilizarmos o ponto em que ocorre os limiares ventilatórios como base para prescrição dos exercícios analisados, as cadências investigadas nesse estudo representam uma mesma intensidade de esforço fisiológica para esses seis exercícios.

Entretanto, cabe ressaltar que os valores encontrados no presente estudo, para todas as cadências analisadas, os quais são demonstrados na Tabela 5, encontram-se em uma zona de intensidade fisiológica abaixo do primeiro limiar ventilatório (LV1), representando, dessa forma, uma intensidade subaeróbia para esses exercícios. Essa informação pode ser consolidada a partir dos resultados do estudo de Zaffari et al. (2012), que investigaram exercícios semelhantes aos utilizados no presente trabalho, e demonstraram os seguintes valores referentes ao LV1: CH = 17,15 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, CO = 15,33 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, DF = 15,06 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, e Saltitos = 15,21.

Destaca-se, ainda, que da mesma forma que nos estudos de Alberton et al. (2009), Raffaelli et al. (2010) e Pinto et al. (2011), nesse estudo foi realizado um teste de esforço máximo para se obter os parâmetros necessários para o cálculo da intensidade relativa de esforço que os sujeitos encontravam-se nas cadências submáximas. Porém, esses outros autores executaram seus protocolos máximos em esteira terrestre, diferentemente do presente estudo, no qual foi realizado um teste máximo específico de cada exercício analisado e no meio líquido. Essa diferença é um aspecto bastante relevante, pois sabe-se que o teste progressivo máximo deve ser específico do exercício realizado, para que demonstre as reais respostas das variáveis analisadas, visto que as respostas cardiorrespiratórias estão diretamente relacionadas ao tipo de exercício realizado e à massa muscular utilizada (Alberton et al., 2007), e que as respostas máximas em exercícios de hidroginástica são significativamente menores que na esteira terrestre (Alberton, 2011; Alberton et al, 2012a).



## 6 CONCLUSÃO

A partir dos resultados do presente estudo, foi possível observar que, com o aumento da cadência submáxima, ocorreu um incremento das respostas cardiorrespiratórias e de FRS, concomitantemente a uma redução nos valores do impulso. Além disso, constatou-se que diferentes exercícios de hidroginástica resultaram em diferentes respostas de FRS, as quais estão relacionadas às suas características, sem influencia nos valores de  $VO_2$ . Sendo assim, ressalta-se a importância do profissional que ministra aulas dessa modalidade, ser cauteloso em relação à utilização desses exercícios, à duração do estímulo e à velocidade em que os mesmos serão executados.

Com relação à FRS, se o intuito é incrementar a intensidade dessas aulas, por meio da elevação das respostas dessa variável, deve utilizar exercícios com ritmo de execução elevado, apoio unipodal e curta fase de voo. Por outro lado, se o interesse é em reduzir essas respostas, tornando a intensidade da aula mais baixa, deve-se priorizar exercícios com ritmo de execução leve, apoio bipodal e longa fase de voo. Todavia, também é necessário estar atento à relação inversa das variáveis FRS e impulso. Para tanto, deve-se dosar intensidades altas com o tempo de duração do estímulo, para que essa relação inversa não produza uma equivalência de carga mecânica às articulações do indivíduo, principalmente no que diz respeito aos membros inferiores e à coluna vertebral, o que muitas vezes pode ser indesejável, devido a possíveis limitações do sujeito.

Entretanto, com relação às variáveis cardiorrespiratórias, não foram observadas diferenças significativas entre os exercícios no ponto em que ocorreram os limiares ventilatórios. Sendo assim, o aumento da velocidade de execução vem a ser a principal ferramenta para a manipulação da intensidade de aulas que utilizem esses exercícios. Além disso, torna-se viável o planejamento de uma aula de hidroginástica que mantenha a mesma intensidade e tenha a possibilidade de variar os seis exercícios analisados no estudo. Ainda, verifica-se que, realizando um teste máximo com apenas um desses exercícios para identificar o valor de  $VO_2$  correspondente ao LV2, é possível extrapolá-lo para os demais exercícios, facilitando a aplicação de uma prescrição adequada e segura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTON, C.L.; OLKOSKI, M.M.; BECKER, M.E.; PINTO, S.S.; KRUEL, L.F.M. Cardiorespiratory responses of postmenopausal women to different water exercises. **Int. J. Aquat. Res. Educ.** 1:363-372, 2007.

ALBERTON, C.L.; BECKER, M.E.; PINTO, S.S.; OLKOSKI, M.M.; KRUEL, L.F.M. Comparação dos efeitos de dois exercícios de hidroginástica nas respostas cardiorrespiratórias e na sensação subjetiva de esforço entre mulheres pós-menopáusicas e mulheres jovens In: **Anais do XII Congresso de Ciências do Desporto e Educação Física dos Países de Língua Portuguesa.** Porto Alegre, 2008.

ALBERTON, C.L.; TATARUGA, M.P.; PINTO, S.S.; CADORE, E.L.; SILVA, E.M.; KRUEL, L.F.M. Cardiorespiratory responses to stationary running at different cadences in water and on land. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 49(2):142-151, 2009.

ALBERTON, C.L. **Respostas cardiorrespiratórias, neuromusculares e cinéticas de exercícios de hidroginástica.** Porto Alegre, 2011. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ALBERTON, C.L.; HABERLAND, A.A; BEILKE, D.D.; PINTO, S.S., KANITZ, A.C.; TARTARUGA, M.P.; KRUEL, L.F.M. Maximal and ventilatory thresholds of oxygen uptake and rate of perceived exertion responses to water aerobic exercises. **J. Strength Cond. Res.** 2012a. [Epub ahead of print]

ALBERTON, C.L.; TARTARUGA, M.P.; PINTO, S.S.; CADORE, E.L.; HABERLAND, A.A.; FINATTO, P.; KRUEL, L.F.M. Vertical ground reaction force during water exercises performed at different intensities. **Int. J. Sports Med.** 2012b. [Epub ahead of print]

ALEXANDER R. Mechanics and energetics of animal locomotion. In: Alexander R, Goldspink G (eds.). **Swimming London: Chapman & Hall.** 222–248, 1977.

BARELA, A.M.F.; STOLF, S.F.; DUARTE, M. Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 16:250-256, 2006.

BARELA, A.M.F.; DUARTE, M. Biomechanical characteristics of elderly individuals walking on land and in water. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 18:446-454, 2008.

BRITO, R.N.; ROESLER, H.; HAUPENTHAL, A.; SOUZA, P.V. Análise comparativa da marcha humana em solo à subaquática em dois níveis de imersão: Joelho e quadril. **Rev. Bras. Fisioter.** 8(1):7-12, 2004.

CAMPBELL, J.A.; D'ACQUISTO, L.J.; D'ACQUISTO, D.M.; CLINE, M.G. Metabolic and cardiovascular response to shallow water exercise in young and older women. **Med. Sci. Sports Exerc.** 35(4):675-681, 2003.

CARNEIRO, L.C.; MICHAELSEN, S.M., ROESLER, H.; HAUPENTHAL, A.; HUBERT, M.; MALLMANN, E. Vertical reaction forces and kinematics of backward walking underwater. **Gait & Posture** 35:225-230, 2012.

CASSADY, S.L.; NIELSEN, D.H. Cardiorespiratory responses of healthy subjects to calisthenics performed on land versus in water. **Phys. Ther.** 75:532-538, 1992.

FAUDE, O.; KINDERMANN, W., MEYER, T. Lactate threshold concepts – How valid are they? **Sports Med.** 39 (6): 469-490, 2009.

FONTANA, H.B; HAUPENTHAL, A.; RUSCHEL, C.; HUBERT, M.; RIDEHALGH, C.; ROESLER, H. Effect of gender, cadence, and water immersion on ground reaction forces during stationary running. **J. Orthop. Sports. Phys. Ther.** 42(5):445, 2012.

HARRISSON, R. A.; Hillman, M.; Bulstrode, S. Loading of the lower limb when walking partially immersed: Implications for clinical practice. **Physiotherapy.** 78:164-166, 1992.

HAUPENTHAL, A.; RUSCHEL, C.; HUBERT, M.; FONTANA, H.B.; ROESLER, H. Loading forces in shallow water running at two levels of immersion. **J. Rehabil. Med.** 42:664-669, 2010a.

HAUPENTHAL, A.; RUSCHEL, C.; HUBERT, M.; FONTANA, H.B.; ROESLER, H. Força de reação do solo como subsídio para prescrição de exercícios aquáticos: estudo de caso. **Fisioter. Mov.** 23(2):303-10, 2010b.

KRUEL, L.F.M. **Peso hidrostático e frequência cardíaca em pessoas submetidas a diferentes profundidades de água.** Santa Maria, 1994. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria.

KRUEL, L.F.M. **Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água.** Santa Maria, 2000. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

MASUMOTO, K.; HAMADA, A.; TOMONAGA, H.; KODAMA, K.; AMAMOTO, Y.; NISHIZAKI, Y.; HOTTA, N. Physiological and perceptual responses to backward and forward treadmill walking in water. **Gait & Posture.** 29:199-203, 2009.

MIYOSHI, T.; SHIROTA, T.; YAMAMOTO, S.; NAKAZAWA, K.; AKAI, M. Effect of the walking speed to the lower limb joint angular displacements, joint moments and ground reaction forces during walking in water. **Disabil. Rehabil.** 26(12):724-732, 2004.

MYIOSHI, T.; SHIROTA, T.; YAMAMOTO, S.; NAKAZAWA, K.; AKAI, M. Functional roles of lower-limb joint moments while walking in water. **Clinical Biomechanics.** 20:194-201, 2005.

MIYOSHI, T.; NAKAZAWA, K.; TANIZAKI, M.; SATO, T.; AKAI, M. Altered activation pattern in synergistic ankle plantar flexor muscles in a reduced-gravity environment. **Gait & Posture.** 24:94-99, 2006.

NAKAZAWA, K.; YANO, H.; MIYASHITA, M. Ground reaction forces during walking in water. **Med. Sci. Aquatic Sports.** 39:28-34, 1994.

PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; BECKER, M.E.; OLKOSKI, M.M.; KRUEL, L.F.M. Respostas cardiorrespiratórias em exercícios de hidroginástica executados com e sem o uso de equipamento resistivo. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 6(3):336-341, 2006.

PINTO, S.S.; CADORE, E.L.; ALBERTON, C.L.; SILVA, E.M.; KANITZ, A.C.; TARTARUGA, M.P.; KRUEL, L.F.M. Cardiorespiratory and neuromuscular responses during water aerobics exercise performed with and without equipment. **Int. J. Sports Med.** 32:916-923, 2011.

RAFFAELLI, C.; LANZA, M.; ZANOLLA, L.; ZAMPARO, P. Exercise intensity of head-out water-based activities. **Eur. J. Appl. Physiol.** 109:829-838, 2010.

RAFFAELLI, C.; GALVANI, C.; LANZA, M.; ZAMPARO, P. Different methods for monitoring intensity during water-based aerobic exercises. **Eur. J. Appl. Physiol.** 112(1):125-34, 2011.

ROESLER, H.; HAUPENTHAL, A.; SCHÜTZ, G.R.; SOUZA, P.V. Dynamometric analysis of the maximum force applied in aquatic human gait at 1.3 m of immersion. **Gait & Posture.** 24(4):412-417, 2006.

SIRI, W.E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. **Nutrition.** 9:480-91, 1993.

TAKESHIMA, N.; ROGERS, M.E.; WATANABE, W.F.; BRECHUE, W.F.; OKADA, A.; YAMADA, T.; ISLAM, M.M.; HAYANO, J. Water-based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. **Med. Sci. Sports Exerc.** 33(3): 544-551, 2002.

ZAFFARI, P.; ALBERTON, C.L.; HABERLAND, A.A., FINATTO, P.; PINTO, S.S.; CADORE, E.L.; KRUEL, L.F.M. Determinação do consumo máximo de oxigênio e dos limiares ventilatórios de seis exercícios de hidroginástica em mulheres jovens. **Anais do IV Congresso Brasileiro de Metabolismo, Nutrição e Exercício.** Londrina, 2012.

**ANEXOS**

## ANEXO A

## ANAMNESE

Código do Sujeito:

Data de Nascimento:

Profissão:

Idade:

**- HISTÓRIA SOCIAL:**Etilismo:  Sim  NãoTabagismo:  Sim  NãoDrogas ilícitas:  Sim  NãoDieta:  Sim  Não**- HISTÓRIA DE ATIVIDADE FÍSICA:**Você é atleta:  Sim  NãoVocê pratica atividades físicas:  Sim  Não

Qual? \_\_\_\_\_ Quantas vezes por semana? \_\_\_\_\_

Você pratica hidroginástica: ( )Sim ( )Não

Há quanto tempo?\_\_\_\_\_

- HISTÓRIA CLÍNICA:

Você faz uso de algum medicamento: ( )Sim ( )Não Qual?\_\_\_\_\_

Você tem antecedentes cirúrgicos: ( )Sim ( )Não Qual?\_\_\_\_\_

Você apresenta dores musculares: ( )Sim ( )Não Qual?\_\_\_\_\_

Você apresenta dores articulares: ( )Sim ( )Não Qual?\_\_\_\_\_

Você apresenta problemas cardíacos: ( )Sim ( )Não Qual?\_\_\_\_\_

Você apresenta problemas pulmonares: ( )Sim ( )Não Qual?\_\_\_\_\_

Você apresenta ciclo menstrual regular: ( )Sim ( )Não

## ANEXO B

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de identidade número \_\_\_\_\_, concordo voluntariamente em participar do estudo "RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E DE FORÇA DE REAÇÃO DO SOLO DE DIFERENTES EXERCÍCIOS DE HIDROGINÁSTICA REALIZADOS POR MULHERES JOVENS E PÓS-MENOPÁUSICAS".

Declaro estar ciente de que o estudo será desenvolvido pelo Professor Doutor Luiz Fernando Martins Krueel da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com o objetivo de analisar as respostas cardiorrespiratórias e de forças de impacto de diferentes exercícios de hidroginástica, executados por mulheres jovens e pós-menopáusicas, em diferentes exercícios de hidroginástica. Estou ciente de que as informações obtidas no decorrer deste trabalho serão utilizadas para a elaboração da pesquisa dos referidos autores, e que todas as informações utilizadas deverão manter o sigilo dos indivíduos avaliados.

Eu, por meio deste, autorizo Luiz Fernando Martins Krueel e bolsistas de iniciação científica a realizar os seguintes procedimentos:

1. Fazer-me medidas corporais;
2. Aplicar-me quatro testes de esforço máximo, no meio aquático, nos quais eu estarei respirando através de uma máscara anexada a um analisador de gases e meu nariz estará ocluído;
3. Aplicar-me quatro sessões de testes no meio aquático, com a execução de quatro exercícios de hidroginástica em diferentes cadências, sobre uma plataforma de força para a mensuração das forças de impacto e respostas cardiorrespiratórias.

Eu entendo que, durante a investigação:

- a. Os procedimentos expostos acima são explicados para mim por Luiz Fernando Martins Krueel e/ou seus bolsistas de iniciação científica;
- b. Eu entendo que Luiz Fernando Martins Krueel e/ou e/ou seus bolsistas de iniciação científica, irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo a esses procedimentos;
- c. Estão envolvidos riscos de desconfortos, tais como dor e cansaço muscular temporários;
- d. Todos os dados relativos a minha pessoa irão ficar confidenciais e disponíveis apenas sob minha solicitação restrita. Além disso, eu entendo que no momento da publicação, não irá ser feita associação entre os dados publicados e a minha pessoa;
- e. Não há compensação financeira pela minha participação neste estudo;

f. Posso fazer contato com o orientador do estudo Professor Luiz Fernando Martins Krueel e seus bolsistas de iniciação científica, para quaisquer problemas referentes a minha participação no estudo ou se eu sentir que há uma violação dos meus direitos, através do telefone (051) 3308-5820 e do e-mail krueel@esef.ufrgs.br. Além disso, posso entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo telefone (051) 3308-3629;

g. Em qualquer instante durante o testes, eu tenho o direito de me recusar a prosseguir com os mesmos;

h. Todos os procedimentos a que serei submetido serão conduzidos por profissionais, professores ou bolsistas com experiência prévia em todos os procedimentos.

i. Caso ocorra alguma lesão ou emergência em decorrência dos testes, eu serei assistida pelos pesquisadores Luiz Fernando Martins Krueel, e/ou seus bolsistas de iniciação científica, que tem uma linha telefônica e um carro disponíveis para quaisquer eventualidades e todo o atendimento necessário será providenciado.

Porto Alegre \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

Nome em letra de forma: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_