

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO  
HUMANO

**EFEITOS DE UM TREINAMENTO CONCORRENTE NA  
HIDROGINÁSTICA SOBRE AS VARIÁVEIS  
NEUROMUSCULARES E CARDIORRESPIRATÓRIAS DE  
MULHERES JOVENS E PÓS-MENOPÁUSICAS**

**Tese de doutorado**

**Stephanie Santana Pinto**

Porto Alegre, abril de 2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

**Stephanie Santana Pinto**

**EFEITOS DE UM TREINAMENTO CONCORRENTE NA  
HIDROGINÁSTICA SOBRE AS VARIÁVEIS  
NEUROMUSCULARES E CARDIORRESPIRATÓRIAS DE  
MULHERES JOVENS E PÓS-MENOPÁUSICAS**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do grau acadêmico de Doutora em Ciências do Movimento Humano.

**Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruel**

Porto Alegre, abril de 2013

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao Prof. Kruel pelas oportunidades desde a iniciação científica até o presente momento. Agradeço por todos os valiosos aprendizados nessa jornada.

Agradeço ao professores da minha banca examinadora, Prof. Dr. Ronei, Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>a</sup>. Camila, Prof. Dr. Leonardo e Prof. Dr. Juan Carlos por todas as contribuições realizadas em relação a minha tese de doutorado.

Aos funcionários do Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, aos funcionários do Centro Natatório e também aos funcionários do LAPEX da EsEF-UFRGS, por todo auxílio e compreensão principalmente durante o período de coleta de dados.

Deixo aqui registrado meu agradecimento especial aos professores Marco Vaz, Ronei Pinto e Leonardo Tartaruga pela parceria entre os diferentes grupos de pesquisa do LAPEX-UFRGS durante esse trabalho.

Às componentes da amostra, mulheres jovens e pós-menopáusicas, pela paciência e infinita colaboração durante todo o período de treinamento

Aos meus colegas e principais colaboradores desse trabalho, Paula Zaffari, Natália Bagatini, Tini, Cadore, Bruno Baroni, Fábio Lanferdini, Régis Radaelli e Rodrigo Ferrari, sem vocês não seria possível concretizar esse sonho. Faço um agradecimento muito especial para o Edu Cadore, por toda parceria e amor durante esse período.

Ao GPAT por todos os momentos ótimos, em especial a Ana Kanitz, Maira e Patrícia.

À UFRGS, CAPES, Universidade de Valência e Fundação Carolina, meu sincero e especial agradecimento.

Ao Prof. Colado, meu co-orientador na Espanha, e aos meus colegas espanhóis, pela maravilhosa recepção na Universidade de Valência durante o meu doutorado sanduíche. Muchas gracias!

À minha família querida, em especial aos meus pais, Eurico e Astéra, pelo amor incondicional e pelo exemplo de vida. Aos meus irmãos, em especial a Isa, pelo companheirismo e por serem tão maravilhosos. Ao meu avô, o qual completou 94 anos, e é uma das pessoas mais cultas e bem resolvidas que conheço.

Por fim, agradeço a Deus por iluminar meu caminho e por colocar pessoas especiais na minha vida.

## TRABALHO PUBLICADO VINCULADO COM A PRESENTE TESE DE DOUTORADO

Os dados apresentados nessa tese geraram até a presente data a seguinte publicação (ANEXO D):

### *ARTIGO ORIGINAL:*

- PINTO, S.S.; CADORE, E.L.; ALBERTON, C.L.; ZAFFARI, P.; BAGATINI, N.C.; BARONI, B.M.; RADAELLI, R.; LANFERDINI, F.J.; COLADO, J.C.; PINTO, R.S.; VAZ, M.A.; BOTTARO, M.; KRUEL, L.F.M. Effects of intra-session exercise sequence during water-based concurrent training. *Int. J. Sports Med.* [Aceito no dia 30 de março de 2013]

## RESUMO

### EFEITOS DE UM TREINAMENTO CONCORRENTE NA HIDROGINÁSTICA SOBRE AS VARIÁVEIS NEUROMUSCULARES E CARDIORRESPIRATÓRIAS DE MULHERES JOVENS E PÓS-MENOPÁUSICAS

Autora: Stephanie Santana Pinto

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl

O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos da manipulação da ordem dos exercícios de força e aeróbico durante o treinamento concorrente na hidroginástica sobre as variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias de mulheres jovens e pós-menopáusicas. No estudo I, 26 mulheres jovens ( $25,12 \pm 2,94$  anos) foram aleatoriamente divididas em dois grupos de treinamento: força-aeróbico (FA) (n=13) e aeróbico-força (AF) (n=13). Para o estudo II, 21 mulheres pós-menopáusicas ( $57,14 \pm 2,43$  anos) foram divididas, também aleatoriamente, em dois grupos: força-aeróbico (FA) (n=10) e aeróbico-força (AF) (n=11). Em ambos os estudos os sujeitos realizaram o treinamento concorrente no meio aquático, duas vezes na semana durante 12 semanas, executando ambos os tipos de exercícios (aeróbico e força) na mesma sessão de treinamento. O treinamento de força foi realizado com séries em máxima velocidade e o treinamento aeróbico foi executado na frequência cardíaca do segundo limiar ventilatório. Todas as variáveis foram avaliadas antes e após o período de treinamento. Para análise dos dados foi utilizado o teste ANOVA para medidas repetidas com fator grupo ( $\alpha=0,05$ ). No estudo I, com as mulheres jovens, houve um aumento significativo da força muscular dinâmica máxima, avaliada através do teste de 1 repetição máxima (1RM), de todos os grupos musculares analisados (flexão e extensão de cotovelos e joelhos) após o período de treinamento. O grupo FA apresentou maiores ganhos da força muscular dinâmica máxima dos extensores de joelho em comparação ao grupo AF ( $43,58 \pm 14,00\%$  vs.  $27,01 \pm 18,05\%$ , respectivamente). Após o treinamento houve um aumento do pico de torque isométrico (PT), avaliado no dinamômetro Biodex, de todos os grupos musculares avaliados (exceção PT extensores de cotovelo), sem diferença entre os grupos FA e AF. Além disso, após o treinamento, houve um aumento significativo da taxa de produção máxima e em diferentes janelamentos (50, 100, 250 ms), durante a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) de extensão de joelho, sem diferença entre os grupos FA e AF. Houve um aumento significativo da amplitude máxima isométrica do sinal eletromiográfico (EMG), após o treinamento, dos músculos bíceps braquial e vasto lateral, sem diferença entre os grupos FA e AF. Além disso, observou-se uma diminuição significativa da amplitude submáxima isométrica do sinal EMG dos músculos bíceps braquial em 40% da CIVM, do vasto lateral em 40 e 80% da CIVM e do reto femoral em 80% da CIVM, sem diferença entre os grupos FA e AF após as 12 semanas de treinamento. Após o treinamento, houve um aumento significativo da espessura muscular do bíceps braquial, braquial, vasto medial e reto femoral, sem diferença entre os grupos FA e AF. O percentual de ganho da espessura muscular do vasto lateral e vasto intermédio diferiu significativamente entre os grupos, com maiores ganhos para o grupo que treinou na ordem FA em comparação a ordem AF (vasto lateral:  $10,00 \pm 7,64\%$  vs.  $5,28 \pm 3,42\%$ , vasto intermédio:  $11,58 \pm 5,36\%$  vs.  $4,40 \pm 3,77\%$ , respectivamente). Para os saltos, após o treinamento, houve um aumento significativo da altura do *countermovement jump*, sem diferença entre os grupos FA e AF. Por fim, ainda em relação ao estudo I, após o treinamento, houve um aumento significativo do consumo de oxigênio de pico ( $VO_{2pico}$ ) e referente ao primeiro limiar ventilatório ( $VO_{2LV1}$ ), sem diferença entre os grupos FA e AF. No estudo II, com as

mulheres pós-menopáusicas, após o treinamento, houve um aumento significativo da força muscular dinâmica máxima dos flexores e extensores de cotovelo, sem diferença entre os grupos FA e AF. Para o teste de 1RM de extensão de joelhos, foi observado que o grupo FA apresentou maiores ganhos de força em comparação ao grupo AF ( $34,62 \pm 13,51\%$  vs.  $14,16 \pm 13,68\%$ ). Após o treinamento, houve um aumento significativo do PT dos flexores e extensores de joelho, sem diferença entre os grupos FA e AF. Além disso, houve um aumento significativo da taxa de produção máxima e também nos diferentes janelamentos (50, 100, 250 ms), durante a CIVM de extensão de joelho, sem diferença entre os grupos FA e AF. Houve um aumento significativo da amplitude máxima isométrica do sinal EMG dos músculos vasto lateral e reto femoral, sem diferença entre os grupos FA e AF após 12 semanas de treinamento. Também houve uma diminuição significativa da amplitude submáxima isométrica do sinal EMG do músculo reto femoral em 40% da CIVM, sem diferença entre os grupos FA e AF após o treinamento. Após o treinamento, houve um aumento significativo da espessura muscular de todos os músculos analisados, sem diferença entre os grupos FA e AF (exceto reto femoral). Por fim, no estudo II, após o treinamento, houve um aumento significativo do consumo de oxigênio referente ao segundo limiar ventilatório ( $VO_{2LV2}$ ), sem diferença entre os grupos FA e AF. Em suma, a ordem exercícios de força seguidos dos exercícios aeróbicos otimizou os ganhos de força muscular dinâmica máxima dos extensores de joelho tanto em mulheres jovens quanto em mulheres pós-menopáusicas, bem como a espessura muscular do quadríceps em mulheres jovens quando comparada com a ordem inversa (aeróbico-força).

**Palavras-chave:** força muscular dinâmica máxima, pico de torque isométrico, atividade neuromuscular, taxa de produção de força, espessura muscular, consumo de oxigênio.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO  
HUMANO

Autora: Stephanie Santana Pinto

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl

Título da tese: Efeitos de um treinamento concorrente na hidroginástica sobre as variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias de mulheres jovens e pós-menopáusicas

Porto Alegre, 2013

## ABSTRACT

### EFFECTS OF WATER-BASED CONCURRENT TRAINING ON NEUROMUSCULAR AND CARDIORESPIRATORY VARIABLES IN YOUNG AND POSTMENOPAUSAL WOMEN

Author: Stephanie Santana Pinto

Advisor: Luiz Fernando Martins Krueel, Ph.D.

The aim of the present study was to compare the effects of the intra-session exercise order (i.e., resistance-aerobic or aerobic-resistance) during water-based concurrent training on the neuromuscular and cardiorespiratory variables in young and postmenopausal women. Twenty-six young women ( $25.12 \pm 2.94$  years) were randomly assigned into two groups in study I: resistance-aerobic (RA) (n=13) and aerobic-resistance (n=13). For study II, twenty-one postmenopausal women were also randomly assigned into two groups: resistance-aerobic (RA) (n=10) and aerobic-resistance (n=11). In both studies the subjects performed the water-based concurrent training two times a week during 12 weeks, performing both resistance and aerobic training in the same session. The resistance training was performed with sets at maximal effort and the aerobic training with exercises at heart rate corresponding to the second ventilatory threshold. All variables were evaluated before and after training. A repeated measure ANOVA with group factor was used to analyze the data of the present study ( $\alpha=0.05$ ). After training in study I, with the young women, there was a significant increase in the maximal dynamic strength in all muscle groups (elbow and knee flexors and extensors) evaluated using the one-repetition maximal test (1RM). The RA group presented greater relative gains of the knee extensors maximal dynamic strength compared to the AR group ( $43.58 \pm 14.00\%$  vs.  $27.01 \pm 18.05\%$ , respectively). After training there was a significant increase of the maximal isometric peak torque (PT) of all muscle groups (except elbow extensor PT) evaluated using the Biodex dynamometer, with no difference between RA and AR groups. In addition, after training there was a significant increase of the maximal rate of force development (RFD) and of the RFD at different windows (50, 100, 250 ms) during the knee extension maximal isometric voluntary contraction (MIVC), with no difference between RA and AR groups. There was a significant increase of the maximal isometric electromyography (EMG) activity of *biceps brachii* and *vastus lateralis* after training, with no difference between RA and AR groups. Moreover, the submaximal isometric EMG activity of *biceps brachii* at 40% of MIVC, the submaximal isometric EMG activity of *vastus lateralis* at 40% and 80% of MIVC and the submaximal isometric EMG activity of *rectus femoris* at 80% of MIVC showed lower values after training, with no difference between RA and AR groups. After training, there was a significant increase of the muscle thickness of *biceps brachii*, *brachialis*, *vastus medialis* and *rectus femoris*, with no difference between RA and AR groups. The relative gains of the muscle thickness of the *vastus lateralis* and *vastus intermedius* were greater for the RA group compared to the AR group (*vastus lateralis*:  $10.00 \pm 7.64\%$  vs.  $5.28 \pm 3.42\%$ , *vastus intermedius*:  $11.58 \pm 5.36\%$  vs.  $4.40 \pm 3.77\%$ , respectively). The height of the *countermovement jump* improved after training, with no difference between RA and AR groups. In addition, the peak oxygen uptake ( $VO_{2peak}$ ) and corresponding to the first ventilatory threshold ( $VO_{2VT1}$ ) showed significant increases after training, with no difference between RA and AR groups. In study II, with the postmenopausal women, there was a significant increase in the maximal dynamic strength of the elbow flexors and extensors, with no difference between RA and AR groups. The knee extensors 1RM in the RA group showed greater

increases than the AR group ( $34.62 \pm 13.51\%$  vs.  $14.16 \pm 13.68\%$ ). After training, there were significant increases of the knee flexors and extensors PT, with no difference between RA and AR groups. In addition, there was a significant increase in the knee extension maximal RFD and in the knee extension RFD at different windows (50, 100, 250 ms), with no difference between RA and AR groups. Moreover, there were increases of the maximal isometric EMG activity of *vastus lateralis* and *rectus femoris*, with no difference between RA and AR groups. Furthermore, the submaximal isometric EMG activity of *rectus femoris* at 40% of MIVC showed lower values after training, with no difference between RA and AR groups. Also, there were significant increases of the muscle thickness of all muscles evaluated, with no difference between RA and AR groups (except *rectus femoris*). Significant increase was also observed in the oxygen uptake corresponding to the second ventilatory threshold ( $VO_{2VT2}$ ) after training, with no difference between RA and AR groups. In summary, the intra-session exercise order with resistance exercises prior to aerobic exercises optimizes the knee extensors maximal dynamic strength gains in young and postmenopausal women, as well as the quadriceps femoris muscle thickness in young women when compared to the inverse order (i.e., aerobic-resistance).

**Keywords:** maximal dynamic strength, maximal isometric peak torque, neuromuscular activity, rate of force development, muscle thickness, oxygen uptake.

FEDERAL UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO SUL  
POST-GRADUATION PROGRAM ON HUMAN MOVEMENT SCIENCES

Author: Stephanie Santana Pinto

Advisor: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl

Thesis' title: Effects of water-based concurrent training on neuromuscular and cardiorespiratory variables in young and postmenopausal women

Porto Alegre, 2013

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>14</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>19</b>
2.1 Efeitos de um treinamento de força na hidroginástica .....	19
2.2 Efeitos de um treinamento combinado no meio aquático.....	33
2.3 Efeitos da ordem do treinamento concorrente .....	56
<b>3 MÉTODOS.....</b>	<b>63</b>
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>64</b>
4.1 ESTUDO I: Efeitos da ordem do treinamento concorrente na hidroginástica sobre as variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias de mulheres jovens.....	64
4.1.1 INTRODUÇÃO .....	65
4.1.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	68
4.1.3 RESULTADOS .....	86
4.1.4 DISCUSSÃO .....	100
4.1.5 CONCLUSÃO .....	107
4.1.6 REFERÊNCIAS .....	108
4.2 ESTUDO II: Efeitos da ordem do treinamento concorrente na hidroginástica sobre as variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias de mulheres pós-menopáusicas.....	115
4.2.1 INTRODUÇÃO .....	115
4.2.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	119
4.2.3 RESULTADOS .....	137
4.2.4 DISCUSSÃO .....	151
4.2.5 CONCLUSÃO .....	157
4.2.6 REFERÊNCIAS .....	158
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>164</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>166</b>
<b>7 ANEXOS.....</b>	<b>177</b>
7.1 ANEXO A .....	177
7.2 ANEXO B.....	179
7.3 ANEXO C.....	180
7.4 ANEXO D .....	181

## LISTA DE FIGURAS

### ESTUDO I

Figura 1 – Bloco 1: (A) Exercícios de flexão e extensão de cotovelos (bilateral) e (B) flexão e extensão de quadril (unilateral).....	82
Figura 2 – Bloco 2: (A) Exercícios de flexão e extensão de ombros (bilateral) e (B) flexão e extensão de joelho (unilateral).....	82
Figura 3 – Exercícios (A) corrida estacionária, (B) chute frontal e (C) deslize frontal.	84

### ESTUDO II

Figura 1 – Bloco 1: (A) Exercícios de flexão e extensão de cotovelos (bilateral) e (B) flexão e extensão de quadril (unilateral).....	133
Figura 2 – Bloco 2: (A) Exercícios de flexão e extensão de ombros (bilateral) e (B) flexão e extensão de joelho (unilateral).....	133
Figura 3 – Exercícios (A) corrida estacionária, (B) chute frontal e (C) deslize frontal. .....	135

## LISTA DE QUADROS

### REVISÃO DE LITERATURA

Quadro 1 - Características e resultados de estudos com treinamento de força no meio aquático com sujeitos jovens e idosos. ....	30
Quadro 2 - Características e resultados de estudos com treinamento combinado ou concorrente no meio aquático com sujeitos de meia-idade e idosos. ....	51

### ESTUDO I

Quadro 3 - Periodização do treinamento de força no meio aquático.....	80
Quadro 4 - Periodização do treinamento aeróbico no meio aquático.....	83

### ESTUDO II

Quadro 3 - Periodização do treinamento de força no meio aquático.....	131
Quadro 4 - Periodização do treinamento aeróbico no meio aquático.....	134

## LISTA DE TABELAS

### ESTUDO I

Tabela 1 – Coeficiente de correlação intraclasse (ICC) da força muscular dinâmica máxima. ....	70
Tabela 2 - Coeficiente de correlação intraclasse (ICC) do pico de torque isométrico. ...	72
Tabela 3 - Coeficiente de correlação intraclasse (ICC) da atividade eletromiográfica isométrica máxima.....	74
Tabela 4 - Coeficiente de correlação intraclasse (ICC) da espessura muscular. ....	76
Tabela 5 - Coeficiente de correlação intraclasse (ICC) do consumo de oxigênio.....	77
Tabela 6 - Coeficiente de correlação intraclasse (ICC) da altura dos saltos. ....	78
Tabela 7 – Variáveis de caracterização da amostra dos grupos força-aeróbico e aeróbico-força.....	86
Tabela 8 – Valores da força muscular dinâmica máxima, pico de torque isométrico e taxa de produção de força durante o período controle (semanas -4 e 0). ....	87
Tabela 9 - Valores da atividade eletromiográfica isométrica máxima e submáxima durante o período controle (semanas -4 e 0).....	88
Tabela 10 - Valores da espessura muscular e altura dos saltos durante o período controle (semanas -4 e 0).....	89
Tabela 11 - Valores de consumo de oxigênio durante o período controle (semanas -4 e 0).....	89
Tabela 12 – Valores de média e desvio padrão das variáveis de força muscular dinâmica máxima, pico de torque isométrico e taxa de produção de força antes e após o treinamento concorrente em meio aquático força-aeróbico e aeróbico-força. ....	91
Tabela 13 - Valores de média e desvio padrão das variáveis de atividade eletromiográfica isométrica máxima e submáxima antes e após o treinamento concorrente em meio aquático força-aeróbico e aeróbico-força. ....	94
Tabela 14 - Valores de média e desvio padrão das variáveis da espessura muscular e altura dos saltos antes e após o treinamento concorrente em meio aquático força-aeróbico e aeróbico-força. ....	97
Tabela 15 - Valores de média e desvio padrão das variáveis de consumo de oxigênio antes e após o treinamento concorrente em meio aquático força-aeróbico e aeróbico-força.....	99
Tabela 16 – Valores dos poderes estatísticos (fatores: tempo, grupo e grupo*tempo), obtidos no teste ANOVA de medidas repetidas com fator grupo, das variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias do grupo de mulheres jovens (Estudo I).....	179

### ESTUDO II

Tabela 1 – Coeficiente de correlação intraclasse (ICC) da força muscular dinâmica máxima. ....	122
Tabela 2 - Coeficiente de correlação intraclasse (ICC) do pico de torque isométrico. ....	123
Tabela 3 - Coeficiente de correlação intraclasse (ICC) da atividade eletromiográfica isométrica máxima.....	125
Tabela 4 - Coeficiente de correlação intraclasse (ICC) da espessura muscular. ....	127
Tabela 5 - Coeficiente de correlação intraclasse (ICC) do consumo de oxigênio.....	128
Tabela 6 - Coeficiente de correlação intraclasse (ICC) da altura dos saltos. ....	129
Tabela 7 – Variáveis de caracterização da amostra dos grupos força-aeróbico e aeróbico-força.....	137

Tabela 8 – Valores da força muscular dinâmica máxima, pico de torque isométrico e taxa de produção de força durante o período controle (semanas -4 e 0). .....	138
Tabela 9 - Valores da atividade eletromiográfica isométrica máxima e submáxima durante o período controle (semanas -4 e 0). .....	139
Tabela 10 - Valores da espessura muscular e altura dos saltos durante o período controle (semanas -4 e 0). .....	140
Tabela 11 - Valores de consumo de oxigênio durante o período controle (semanas -4 e 0). .....	140
Tabela 12 – Valores de média e desvio padrão das variáveis de força muscular dinâmica máxima, pico de torque isométrico e taxa de produção de força antes e após o treinamento concorrente em meio aquático força-aeróbico e aeróbico-força. ....	142
Tabela 13 - Valores de média e desvio padrão das variáveis de atividade eletromiográfica isométrica máxima e submáxima antes e após o treinamento concorrente em meio aquático força-aeróbico e aeróbico-força. ....	145
Tabela 14 - Valores de média e desvio padrão das variáveis da espessura muscular e altura dos saltos antes e após o treinamento concorrente em meio aquático força-aeróbico e aeróbico-força. ....	148
Tabela 15 - Valores de média e desvio padrão das variáveis de consumo de oxigênio antes e após o treinamento concorrente em meio aquático força-aeróbico e aeróbico-força. ....	150
Tabela 16 – Valores dos poderes estatísticos (fatores: tempo, grupo e grupo*tempo), obtidos no teste ANOVA de medidas repetidas com fator grupo, das variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias do grupo de mulheres pós-menopáusicas (Estudo II). .....	180

## **1 INTRODUÇÃO GERAL**

Os exercícios realizados no meio aquático têm sido amplamente indicados para diferentes populações tanto como forma de reabilitação (Batterham et al., 2011; Waller et al., 2013) quanto como forma de melhoria da aptidão física relacionada à saúde (Colado et al., 2009b; Bergamin et al., 2012). Dentro desse contexto, estudos têm analisado os efeitos de um treinamento realizado com a modalidade de hidroginástica tanto com sujeitos saudáveis (Colado et al., 2009a) quanto com sujeitos com alguma limitação relacionada com os sistemas musculoesquelético (Sato et al., 2009) ou cardiovascular (Volaklis et al., 2007; Asa et al., 2012). Esses estudos na sua maioria demonstram que a hidroginástica pode incrementar diversos parâmetros relacionados à saúde física de seus praticantes. Dentre os benefícios ocasionados pela prática dessa modalidade estão o aumento da força (Pöyhönen et al., 2002; Tsourlou et al., 2006; Ambrosini et al., 2010; Graef et al., 2010; Souza et al., 2010) e da massa muscular (Pöyhönen et al., 2002), a melhora da habilidade para desenvolver as atividades de vida diária (Bocalini et al., 2008; Sato et al., 2009) e a diminuição do risco de quedas (Arnold & Faulkner, 2010; Moreira et al., 2013), o aumento da flexibilidade (Bravo et al., 1997; Takeshima et al., 2002) e do equilíbrio (Hale et al., 2012; Elbar et al., 2013), a melhora da capacidade cardiorrespiratória (Taunton et al., 1996; Takeshima et al., 2002) e de parâmetros relacionados ao perfil lipídico (Tormen, 2007; Volaklis et al., 2007; Costa, 2011), entre outros.

O treinamento combinado da força e da capacidade aeróbica tem sido alvo de algumas pesquisas no meio científico (McCarthy et al., 2002; Pinto, 2007; Davis et al., 2008; Karavirta et al., 2009; Sillanpää et al., 2009b; Cadore et al., 2010; Silva et al., 2012). Esse tipo de treinamento, comumente chamado de treinamento concorrente, é

extremamente relevante para promoção da saúde e melhoria da capacidade funcional dos sujeitos, visto que em muitas atividades de vida diária é preciso uma expressão isolada ou simultânea da valência força e capacidade aeróbica. No meio aquático, pode-se destacar poucos estudos que analisaram os efeitos do treinamento concorrente sobre diferentes variáveis neuromusculares e/ou cardiorrespiratórias, e esses estudos foram realizados apenas com mulheres idosas (Takeshima et al., 2002; Tsourlou et al., 2006) ou de meia-idade (Tormen, 2007). Tormen (2007) demonstrou que um treinamento concorrente de 20 semanas na hidrogenástica, com mulheres pré-menopáusicas, foi eficaz para melhorar parâmetros do perfil lipídico, aumentar a força muscular dinâmica máxima de membros inferiores e superiores e aumentar o tempo de exaustão em esteira terrestre. Esse estudo sempre foi realizado com a seguinte ordem do treinamento concorrente: força e aeróbico.

Em relação ao efeito da ordem do treinamento concorrente sobre as variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias, pode-se dizer que poucos estudos analisaram esse tópico no meio terrestre (Gravelle & Blessing, 2000; Chtara et al., 2005; Chtara et al., 2008; Cadore et al., 2012a; Cadore et al., 2012b). O estudo de Chtara et al. (2005), com homens jovens, mostrou que o grupo que treinou na ordem aeróbico e força apresentou incrementos de maior magnitude no desempenho aeróbico em comparação com o grupo que treinou na ordem inversa (força e aeróbico) durante 12 semanas. Chtara et al. (2008) demonstraram que a ordem do treinamento concorrente não afetou os ganhos de força de homens jovens após 12 semanas de treinamento. Em contrapartida, Cadore et al. (2012b), analisando homens idosos, verificaram que o grupo de treinamento concorrente força-aeróbico apresentou maiores ganhos de força de membros inferiores comparado ao grupo que realizou o treinamento na ordem inversa após um período de 12 semanas. No meio aquático, não foi encontrado nenhum estudo

na literatura pesquisada investigando a manipulação da ordem do treinamento concorrente.

É importante ressaltar que parece ser um tópico inovador no treinamento concorrente, especialmente no meio aquático, analisar se o efeito da manipulação da ordem desse tipo de treinamento interfere nas adaptações de diferentes variáveis relacionadas à aptidão física de mulheres jovens e pós-menopáusicas. Além disso, sabe-se que com o processo de envelhecimento ocorre uma perda de massa muscular e conseqüentemente uma diminuição da independência e da qualidade de vida dos sujeitos idosos, logo é de grande valia utilizar um treinamento bem planejado como forma de retardar e prevenir esses fatores na população, por exemplo, de mulheres pós-menopáusicas. Dessa forma, verificar se os efeitos decorrentes desse treinamento concorrente realizado no meio aquático ocorrem da mesma forma e na mesma extensão sobre diferentes variáveis de mulheres jovens e pós-menopáusicas é bastante interessante. Dentro desse contexto, elaborou-se o seguinte problema de pesquisa: Existe diferença entre os efeitos da manipulação da ordem dos exercícios de força e aeróbico durante o treinamento concorrente na hidroginástica sobre as variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias de mulheres jovens e pós-menopáusicas?

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Comparar os efeitos da manipulação da ordem dos exercícios de força e aeróbico durante o treinamento concorrente na hidroginástica sobre as variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias de mulheres jovens e pós-menopáusicas.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar e comparar a força muscular dinâmica máxima nos exercícios de flexão e extensão de cotovelos e joelhos de mulheres jovens e pós-menopáusicas antes e após o treinamento concorrente aeróbico e força e o concorrente força e aeróbico.
- Determinar e comparar o torque muscular isométrico máximo dos flexores e extensores de joelho de mulheres jovens e pós-menopáusicas antes e após o treinamento concorrente aeróbico e força e o concorrente força e aeróbico.
- Determinar e comparar o torque muscular isométrico máximo dos flexores e extensores de cotovelo de mulheres jovens antes e após o treinamento concorrente aeróbico e força e o concorrente força e aeróbico.
- Determinar e comparar a taxa de produção de força isométrica máxima, em 50, 100 e 250 ms dos extensores de joelho de mulheres jovens e pós-menopáusicas antes e após o treinamento concorrente aeróbico e força e o concorrente força e aeróbico.
- Determinar e comparar a amplitude máxima isométrica do sinal eletromiográfico dos músculos flexores e extensores de joelho de mulheres jovens e pós-menopáusicas antes e após o treinamento concorrente aeróbico e força e o concorrente força e aeróbico.
- Determinar e comparar a amplitude máxima isométrica do sinal eletromiográfico dos músculos flexores e extensores de cotovelo de mulheres jovens antes e após o treinamento concorrente aeróbico e força e o concorrente força e aeróbico.
- Determinar e comparar a amplitude submáxima isométrica do sinal eletromiográfico em 40 e 80% da contração isométrica voluntária máxima dos músculos extensores de joelho de mulheres jovens e pós-menopáusicas antes e após o treinamento concorrente aeróbico e força e o concorrente força e aeróbico.

- Determinar e comparar a amplitude submáxima isométrica do sinal eletromiográfico em 40 e 80% da contração isométrica voluntária máxima de um músculo flexor de cotovelo de mulheres jovens antes e após o treinamento concorrente aeróbico e força e o concorrente força e aeróbico.
- Determinar e comparar a espessura muscular dos músculos vasto lateral, vasto medial, vasto intermédio, reto femoral, bíceps braquial e braquial de mulheres jovens e pós-menopáusicas antes e após o treinamento concorrente aeróbico e força e o concorrente força e aeróbico.
- Determinar e comparar a altura do *squat jump* e *countermovement jump* de mulheres jovens e pós-menopáusicas antes e após o treinamento concorrente aeróbico e força e o concorrente força e aeróbico.
- Determinar e comparar o consumo de oxigênio de pico, o consumo de oxigênio no primeiro e segundo limiares ventilatórios de mulheres jovens e pós-menopáusicas antes e após o treinamento concorrente aeróbico e força e o concorrente força e aeróbico.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Efeitos de um treinamento de força na hidroginástica

O treinamento de força no meio aquático tem sido investigado prioritariamente com mulheres jovens (Petrick et al., 2001; Pöyhönen et al., 2002; Souza et al., 2010; Schoenell, 2012), de meia-idade (Ambrosini et al., 2010) ou pós-menopáusicas (Colado et al., 2009b). Pode-se dizer que a literatura é extremamente escassa em relação ao estudo dos efeitos desse tipo de treinamento com homens jovens (Colado et al., 2009a; Buttelli, 2011). Além disso, é importante salientar que a maioria dos estudos apresenta uma descrição muito simplificada da periodização do treinamento utilizado para promover melhoria em diferentes parâmetros relacionados à aptidão física. A seguir serão descritos os principais estudos da literatura realizados com treinamento de força no meio aquático com diferentes populações e abordagens metodológicas. Primeiramente serão descritos os estudos com sujeitos jovens e na sequência os estudos com sujeitos de meia-idade e idosos.

Um dos primeiros estudos que apresentou os resultados de um treinamento de força em meio aquático foi o de Petrick et al. (2001). Tal estudo comparou os efeitos de um treinamento do músculo quadríceps entre os meios aquático e terrestre sobre o pico de torque de extensão do joelho a  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$  e 10 repetições máximas (10RM), realizados por mulheres jovens (água:  $24 \pm 3,2$  anos,  $n=10$ ; terra:  $23 \pm 3,8$  anos,  $n=18$ ). Ambos os grupos exercitaram-se cinco vezes na semana durante oito semanas. O teste no dinamômetro isocinético para obtenção do pico de torque foi realizado nas semanas 0, 4 e 8. As 10RM para extensão do joelho foram mensuradas antes do treinamento e

também semanalmente durante o treinamento, exceto na semana 8. Questionários foram realizados pré e pós-treinamento para avaliar a dor induzida pelo treinamento em ambos os meios. O treinamento foi realizado apenas na perna dominante e os sujeitos realizavam o movimento de extensão do joelho em uma velocidade de  $60^{\circ} \cdot s^{-1}$  em ambos os meios. Essa velocidade foi pré-determinada em 40 batidas por minuto (bpm), através de um metrônomo, e os sujeitos estendiam o joelho em uma batida e na batida consecutiva flexionavam o mesmo, percorrendo uma distância de  $90^{\circ}$  em cada batida. Os sujeitos realizavam em ambos os meios duas séries de 10 repetições a 50% de 10RM, 75% de 10RM e 100% de 10RM, sendo que no meio aquático foram utilizadas garrafas plásticas e no meio terrestre sacos de areia. Os resultados mostraram não haver diferença entre os treinamentos no meio aquático e terrestre sobre o teste isocinético e as 10RM. Os sujeitos no meio terrestre sentiram mais dor durante o treinamento comparado com o grupo que treinou no meio aquático. A carga das 10RM em ambos os grupos aumentou significativamente da semana 0 em comparação com a semana 7 (água:  $3,79 \pm 0,87$  kg vs.  $5,64 \pm 1,01$  kg; terra:  $3,86 \pm 0,70$  kg vs.  $5,27 \pm 1,35$  kg). Todavia, o teste isocinético não apresentou melhoria no final do treinamento. Os autores concluem que o treinamento no meio aquático apresenta as mesmas melhorias que o mesmo executado no meio terrestre (49% vs. 36%, respectivamente), mas com uma sensação significativamente menor de dor.

Com uma abordagem metodológica bastante completa, Pöyhönen et al. (2002) analisaram os efeitos de um treinamento de força no meio aquático sobre o desempenho neuromuscular de mulheres saudáveis e fisicamente ativas (realizavam exercícios aeróbicos de duas a três vezes na semana). Essas mulheres foram aleatoriamente divididas em dois grupos: grupo exercício e grupo controle. Cada grupo foi composto por 12 mulheres, sendo que a idade média do grupo exercício foi de 33,8

$\pm 3,9$  anos e do grupo controle foi de  $34,7 \pm 3,9$  anos. O treinamento foi realizado durante 10 semanas, com medidas pré e pós-treinamento do torque isométrico e isocinético ( $60^\circ.s^{-1}$  e  $180^\circ.s^{-1}$ ) dos extensores e flexores do joelho, atividade eletromiográfica do quadríceps e isquiotibiais e medidas da massa muscular do quadríceps e isquiotibiais através de tomografia computadorizada. O treinamento nas primeiras três semanas foi realizado duas vezes por semana e nas semanas seguintes o mesmo foi realizado três vezes por semana. A sessão era composta de 6-8 min de aquecimento com *jogging* aquático ou exercícios de alongamento para os músculos dos membros inferiores, 30–45 min de treino de força (ênfase nos músculos quadríceps e isquiotibiais) e 5 min de volta à calma. O treinamento de força foi realizado no máximo esforço (máxima velocidade de movimento) e foram utilizados equipamentos resistidos de diferentes áreas projetadas (semana 1 e 2 – equipamento pequeno, semana 3 a 6 – equipamento médio e semana 7 a 10 – equipamento grande). A progressão do treinamento de força ocorreu através do aumento do número de séries e diminuição do número de repetições ao longo das 10 semanas, além da resistência ao avanço modificada pela área projetada dos equipamentos. Os resultados mostraram que o torque isométrico e isocinético ( $60^\circ.s^{-1}$  e  $180^\circ.s^{-1}$ ) dos extensores (8% vs. 6–7%, respectivamente) e flexores do joelho (11% vs. 8-13%, respectivamente) aumentou significativamente após as 10 semanas de treinamento, com diferenças significativas do grupo controle. Além disso, o sinal eletromiográfico (sinal EMG) do quadríceps e dos isquiotibiais, tanto na contração isométrica (26% vs. 10%, respectivamente) quanto na isocinética ( $60^\circ.s^{-1}$  e  $180^\circ.s^{-1}$ ) (19-28% vs. 10-20%, respectivamente), foi aumentado após o treinamento no grupo exercício. A área de secção transversa do tecido magro dos músculos quadríceps e isquiotibiais também aumentou (4% vs. 5%, respectivamente) apenas no grupo exercício após o treinamento. Os autores concluíram que 10 semanas

de treinamento de força, com mulheres saudáveis no meio aquático, aumentou significativamente o torque isométrico e dinâmico dos extensores e flexores do joelho, com um aumento concomitante da atividade muscular e ganhos na área de secção transversa do tecido magro dos músculos quadríceps e isquiotibiais.

Souza et al. (2010) analisaram os efeitos de um treinamento de força na hidroginástica sobre a força dinâmica máxima (1RM) de diversos grupos musculares de mulheres jovens previamente sedentárias. Vinte mulheres foram divididas em dois grupos: grupo que realizou o treinamento de força no meio aquático ( $n=13$ ,  $24,15 \pm 3,02$  anos) e grupo controle ( $n=7$ ,  $22,43 \pm 2,88$  anos). O treinamento foi realizado durante 11 semanas, com duas sessões semanais de 50 min e dividido em quatro fases. Nas primeiras três semanas os indivíduos realizaram duas séries de 30 s de cada exercício, nas semanas 4, 5 e 6 os mesmos executaram três séries de 20 s, nas semanas 7, 8 e 9 foram realizadas quatro séries de 15 s e nas últimas três semanas foram executadas, duas vezes, três séries de 10 s de todos os movimentos. Em todas as fases do treinamento os exercícios foram realizados no índice de esforço percebido (IEP) 19 (extremamente intenso) da escala de percepção de esforço de Borg. Foram realizados seis exercícios para diferentes grupos musculares dos membros inferiores, seis para diferentes grupos musculares dos membros superiores e três para os músculos do tronco. Os resultados mostraram que a força dinâmica máxima avaliada nos exercícios de flexão e extensão de joelhos, adução e abdução de quadris, elevação lateral de ombros, supino plano e remada aumentou significativamente após o período de 11 semanas de treinamento de força no meio aquático. O aumento geral médio da força máxima foi de  $16,53 \pm 4,92\%$ . Sendo assim, os autores concluem que o treinamento de força no meio aquático foi eficiente para aumentar a força máxima de mulheres jovens

saudáveis e ressaltam que a resistência imposta pela água parece ser suficiente para produzir melhorias na capacidade muscular.

Em um estudo extremamente relevante para o treinamento de força na hidroginástica, Schoenell (2012) comparou os incrementos na força muscular dinâmica máxima (1RM), na força resistente (60% 1RM) e na força potente (altura de saltos) de mulheres jovens previamente sedentárias, submetidas a um treinamento de força no meio aquático, com diferentes volumes de treinamento. Para tanto, 66 mulheres (24,72 ± 4,33 anos) foram divididas, nas primeiras 10 semanas de treinamento, em dois grupos: série simples (uma série) e séries múltiplas (três séries). Após essas primeiras semanas de intervenção, 60 mulheres permaneceram realizando o treinamento em meio aquático por mais 10 semanas e foram divididas em quatro grupos caracterizados pela manutenção, aumento ou redução do volume de treinamento utilizado anteriormente. Os grupos foram os seguintes: série simples para simples, múltiplas para múltiplas, simples para múltiplas e múltiplas para simples. O treinamento foi realizado em circuito, com exercícios de membros superiores e inferiores realizados em máxima velocidade sempre durante 30 s. Ao longo das primeiras dez semanas de treinamento, ambos os grupos (série simples e séries múltiplas) apresentaram incrementos na força muscular dinâmica máxima (supino: 14% vs. 15%; flexão de cotovelos: 16% vs. 15%; extensão de joelhos: 19% vs. 18%; flexão de joelhos: 10% vs. 10%, respectivamente), na força resistente (supino: 36% vs. 49%; flexão de cotovelos: 38% vs. 36%; extensão de joelhos: 19% vs. 13%; flexão de joelhos: 31% vs. 51%, respectivamente) e na força potente (*squat jump*: 11% vs. 8%; *countermovement jump*: 9% vs. 7%, respectivamente) sem diferença entre os grupos. Após as vinte semanas de treinamento, todos os grupos do estudo (série simples para simples, múltiplas para múltiplas, simples para múltiplas e múltiplas para simples) demonstraram incremento na força muscular dinâmica máxima, na força

resistente e na força potente, sem diferença significativa entre os grupos (exceto força resistente no supino), ou seja, mesmo com a manutenção, o aumento ou a diminuição do número de séries, observou-se o mesmo comportamento da força muscular. A autora concluiu que mulheres jovens apresentaram melhora de diferentes expressões da força muscular (máxima, resistente e potente) após 20 semanas de treinamento, independente do volume de treinamento realizado.

Colado et al. (2009a) analisaram os efeitos de um treinamento de força no meio aquático sobre a força muscular dinâmica máxima de membros superiores, potência de membros inferiores e parâmetros de composição corporal em homens jovens ativos (estudantes de educação física). O estudo foi composto por um grupo de exercícios aquáticos (n=7, 21,00 ± 1,00 anos) e outro grupo controle (n=5, 21,40 ± 1,34 anos). O treinamento foi realizado durante oito semanas, com três sessões semanais. A periodização foi realizada com aumento do volume e da intensidade dos exercícios de força no meio aquático. As sessões foram compostas de exercícios para os membros inferiores e superiores, os quais sempre foram realizados na cadência individualizada de cada sujeito para cada exercício, com intuito que os mesmos alcançassem o número de repetições objetivadas em casa fase do treinamento. O treinamento foi realizado com três séries de 8-12 repetições, evoluindo posteriormente para cinco séries de 8-12 repetições. Os resultados demonstraram que após o treinamento de força no meio aquático houve um aumento significativo da força muscular dinâmica máxima avaliada nos exercícios supino (5%), elevação lateral (10%), remada baixa (5%) e remada alta (11%). Além disso, houve um aumento significativo da potência do salto *squat jump* (3%) e um aumento da massa magra (2%) após as oito semanas de treinamento no meio aquático. O grupo controle não apresentou nenhuma modificação ao longo das oito semanas. Os autores concluíram que o treinamento de força realizado no meio aquático

parece ser uma forma efetiva para melhorar parâmetros de força e de composição corporal.

Assim como no estudo supracitado, Buttelli (2011) comparou os efeitos de um treinamento de força no meio aquático com diferentes volumes sobre a força muscular dinâmica máxima em homens jovens ( $21,95 \pm 3,39$  anos) fisicamente ativos. Para tanto 19 homens foram divididos em dois grupos de intervenção: grupo treinamento de força em meio aquático com série única ( $n=10$ ) e grupo treinamento de força em meio aquático com séries múltiplas ( $n=9$ ). Previamente ao início do estudo esses jovens realizaram um período controle (quatro semanas) das variáveis dependentes do estudo (força dinâmica máxima de membros superiores e inferiores), com intuito de verificar o comportamento das mesmas sem a realização de atividade física. Os resultados demonstraram um comportamento semelhante das medidas de força nesse período controle. O treinamento foi realizado durante 10 semanas, com duas sessões semanais. Os exercícios de força foram sempre realizados em máxima velocidade e em forma de circuito. Esse circuito para ambos os grupos era composto de quatro estações compostas por três exercícios de diferentes grupos musculares. O intervalo entre a troca de estações para o grupo série única foi de 90 s e o mesmo intervalo foi realizado para o grupo séries múltiplas; todavia, o mesmo foi realizado entre as séries em cada estação. Esse estudo demonstrou que ambos os grupos (série única vs. séries múltiplas) aumentaram a força dinâmica máxima de membros superiores (flexão de cotovelos: 5% vs. 5%; extensão de cotovelos: 5% vs. 8%; flexão horizontal de ombros: 3% vs. 6%; extensão horizontal de ombros: 8% vs. 6%, respectivamente) e inferiores (flexão de joelhos: 12% vs. 11%; extensão de joelhos: 10% vs. 9%, respectivamente) avaliada através do teste de 1 repetição máxima (1RM). Dessa forma, os autores concluíram que 10 semanas de treinamento de força no meio aquático apresentam um estímulo

significativo para aumentar a força dinâmica máxima de homens jovens fisicamente ativos. Além disso, pode-se incrementar a força dinâmica máxima dos grupos musculares analisados apenas com a execução de uma única série de cada exercício.

Analisando mulheres de meia-idade, Ambrosini et al. (2010) investigaram os efeitos de um treinamento de força na hidroginástica realizado com e sem equipamento nos membros superiores e inferiores sobre a força dinâmica máxima de membros superiores e inferiores. Nesse estudo 52 mulheres ( $50,4 \pm 14,15$  anos) foram divididas em dois grupos experimentais: treinamento de força na hidroginástica sem equipamento e treinamento de força na hidroginástica com equipamento. O treinamento foi realizado durante 12 semanas, com duas sessões semanais e focando nos seguintes grupos musculares: flexores e extensores horizontais de ombros e extensores de quadril. A intensidade do treinamento foi controlada através da escala de percepção de esforço de Borg e o mesmo foi dividido em quatro fases: primeira fase com intensidade fixada nos índices de esforço percebido entre 12–15 e segunda, terceira e quarta fases a mesma foi fixada entre 16-19. Nas primeiras três semanas os indivíduos realizaram duas séries de 30 s de cada exercício, nas semanas 4, 5 e 6 os mesmos executaram três séries de 20 s, nas semanas 7, 8 e 9 foram realizadas quatro séries de 15 s e nas últimas três semanas foram executadas, duas vezes, três séries de 10 s de todos os movimentos. Os resultados mostraram que o treinamento incrementou significativamente a força máxima no teste de 1RM dos grupos musculares investigados, independente do uso ou não de equipamento resistido (flexores horizontais de ombros: 18% vs. 17%; extensores horizontais de ombros: 10% vs. 23%; extensores de quadril: 34% vs. 42%, respectivamente). Dessa forma, conclui-se que o treinamento de força na hidroginástica aumentou a força dinâmica máxima de mulheres de meia-idade e também pode-se

afirmar que a utilização de equipamento não é necessária para que haja ganhos significativos de força muscular no meio aquático.

Colado et al. (2009b) compararam os efeitos de um treinamento de força no meio aquático com os efeitos de um treinamento com bandas elásticas no meio terrestre, ambos realizados por mulheres previamente sedentárias e pós-menopáusicas. Os treinamentos foram realizados durante 24 semanas, sendo que nas primeiras 12 semanas a frequência semanal foi de duas sessões e nas últimas 12 semanas a frequência semanal aumentou para três sessões. Participaram desse estudo 46 mulheres, as quais foram aleatoriamente divididas em três grupos: exercício aquático (n=15, 54,7 ± 2,00 anos), bandas elásticas (n=21, 54,00 ± 2,80 anos) e controle (n=10, 52,90 ± 1,90 anos). Para ambos os treinamentos, nas semanas 0-12, foram realizadas de 1-3 séries de 20 repetições de oito exercícios. Nas semanas 13-18 foram realizadas três séries de 20 repetições de dez exercícios, e por fim, nas semanas 19-24 foram realizadas super séries de 15 repetições dos exercícios. A intensidade 5 da escala de OMNI foi utilizada nas primeiras quatro semanas e depois essa intensidade foi mantida em 7 até o final das 24 semanas. Ambos os treinamentos, aquático e com banda elásticas, diminuíram de forma semelhante a gordura corporal (14% vs. 12%) e a pressão arterial diastólica (8% vs. 6%). Além disso, as melhoras foram semelhantes entre os grupos aquático e bandas elásticas para a massa livre de gordura (3% vs. 1%, respectivamente), para o desempenho no teste de sentar e alcançar (28% vs. 44%, respectivamente), para o número de repetições no teste de agachar em 60 s (66% vs. 46%, respectivamente) e número de repetições no teste de flexão de cotovelos (88% vs. 51%, respectivamente). Além disso, apenas o grupo exercício aquático apresentou um aumento no número de repetições no teste de abdominal (28%) após 24 semanas de treinamento. Os autores concluem que o treinamento de força no meio aquático é uma alternativa viável ao

treinamento de força tradicional com bandas elásticas, visto que ambos apresentaram melhorias similares em diversos aspectos relacionados à saúde.

De uma maneira geral os estudos realizam um programa de treinamento de força enfatizando poucos grupos musculares, e a progressão do mesmo é realizada através do aumento do número de séries de cada exercício, com uma diminuição do número de repetições dos mesmos (Pöyhönen et al., 2002). Sabe-se que no meio aquático não existe uma quantificação exata da carga a qual está sendo utilizada durante o treinamento, contudo a velocidade de movimento é a principal variável que pode ser manipulada com intuito de aumentar a sobrecarga durante os movimentos no ambiente aquático, visto que a mesma é elevada ao quadrado e diretamente proporcional a força de resistência na equação dos fluidos (Alexander, 1977). Dessa forma, esses estudos que realizam a progressão do treinamento através do número de repetições, sem controle da velocidade de movimento, apresentam uma falha metodológica importante quando se pensa na prescrição do treinamento de força no meio aquático. Os estudos do nosso Grupo de Pesquisa em Atividades Aquáticas e Terrestres (GPAT) (Ambrosini et al., 2010; Souza et al., 2010; Buttelli, 2011; Schoenell, 2012), com o treinamento de força na modalidade de hidroginástica, apresentam uma forma alternativa e individualizada de realizar a periodização no meio aquático. Realizando uma analogia com o tipo de prescrição no meio terrestre através da execução sempre de esforços máximos (treinamento com repetições máximas) durante todo o treinamento, os exercícios enfatizando ganhos de força no meio aquático sempre são realizados em máxima velocidade e conseqüentemente máximo esforço; todavia, as séries são realizadas dentro de um determinado tempo. A duração da série está principalmente relacionada com os percentuais de contribuição do sistema anaeróbico durante a atividade. A estimativa do percentual de contribuição de energia pelo sistema anaeróbico em estímulos máximos

únicos de 0-30, 0-20, 0-15 e 0-10 s é de 73, 82, 88 e 94%, respectivamente (Gastin, 2001). Além disso, o intervalo entre as séries sempre é composto do tempo necessário para que cada grupo muscular tenha um descanso de aproximadamente 2 min, visto que esse tempo parece ser suficiente para recuperar a rota metabólica ATP-CP, a qual está sendo prioritariamente trabalhada nesse tipo de treinamento (Gastin, 2001). No quadro 1 são apresentadas as características e os resultados de alguns estudos que investigaram os efeitos do treinamento de força no meio aquático em diferentes parâmetros neuromusculares em sujeitos com diferentes idades.

Quadro 1 - Características e resultados de estudos com treinamento de força no meio aquático com sujeitos jovens e idosos.

Estudos	Sujeitos	Tipo de treinamento	Duração	Achados
Petrick et al. (2001)	10 mulheres jovens – grupo água 18 mulheres jovens – grupo terra	Extensão de joelho unilateral ( $60^{\circ}.s^{-1}$ ) 2 x 50% 10RM 75% 10RM 100% 10RM	5 vezes na semana – 8 semanas	<i>10RM:</i> água - 49% terra – 36%
Pöyhönen et al. (2002)	12 mulheres saudáveis – grupo exercício aquático 12 mulheres jovens – grupo controle	4 exercícios membros inferiores (quadríceps e isquiotibiais) 2x20-25 repetições 2x14-20 repetições 3x14-20 repetições 3x12-15 repetições Intensidade – repetições em máximo esforço	2 vezes na semana – 3 semanas 3 vezes na semana – 7 semanas	<i>Pico de torque isométrico/isocinético:</i> Extensão joelho: 8,3% Extensão joelho $60^{\circ}.s^{-1}$ : 7,4% Extensão joelho $180^{\circ}.s^{-1}$ : 6,4% Flexão joelho: 11% Flexão joelho $60^{\circ}.s^{-1}$ : 8% Flexão joelho $180^{\circ}.s^{-1}$ : 13,20% <i>EMG isométrica/isocinética:</i> vasto lateral + vasto medial: 26,4% vasto lateral + vasto medial $60^{\circ}.s^{-1}$ : 27,7% vasto lateral + vasto medial $180^{\circ}.s^{-1}$ : 19,2% bíceps femoral + semitendinoso: 10% bíceps femoral + semitendinoso $60^{\circ}.s^{-1}$ : 19,9% bíceps femoral + semitendinoso $180^{\circ}.s^{-1}$ : 10,2% <i>Massa muscular:</i> Quadríceps: 4% Isquiotibiais: 5,5%
Souza et al. (2010)	13 mulheres jovens – grupo força 7 mulheres jovens – grupo controle	6 exercícios membros superiores 6 exercícios membros inferiores e exercícios de tronco 2x30 s 3x20 s 4x15 s 2x3x10 s Intensidade – IEP 19 Borg	2 vezes na semana – 11 semanas	<i>IRM</i> Extensão joelhos: 19,74% Flexão joelhos: 16,70% Abdução quadril: 12,57% Adução quadril: 15,53% Supino: 25,2% Remada: 12,5% Elevação lateral: 12,73%
Schoenell (2012)	66 mulheres jovens divididas nas primeiras 10 semanas: grupo série simples e grupo séries múltiplas 60 mulheres jovens divididas nas outras 10 semanas adicionais:	3 exercícios membros superiores 3 exercícios membros inferiores 1x30 s ou 3x30 s Intensidade – repetições em máximo esforço	2 vezes na semana – 20 semanas	Primeiras 10 semanas – simples vs. múltiplas <i>IRM</i> Supino: 13,67% vs. 15,25% Flexão cotovelos: 15,66% vs. 15,23%

	grupos de manutenção do volume- simples/simples e múltiplas/múltiplas, redução do volume - múltiplas/simples e aumento do volume- simples/múltiplas			<p>Flexão joelhos: 9,72% vs. 10,49%</p> <p>Extensão joelhos: 18,82% vs. 18,48%</p> <p><i>60% IRM</i></p> <p>Supino: 36,36% vs. 49,45%</p> <p>Flexão cotovelos: 38,01% vs. 35,97%</p> <p>Flexão joelhos: 31,08% vs. 51,01%</p> <p>Extensão joelhos: 19,45% vs. 13,04%</p> <p><i>Altura dos saltos</i></p> <p><i>Squat jump</i>: 10,90% vs. 8,25%</p> <p><i>Countermovement jump</i>: 9,09% vs. 6,78%</p> <p>10 semanas adicionais – manutenção (simples/simples) vs. aumento vs. redução vs. manutenção (múltiplas/múltiplas)</p> <p><i>IRM</i></p> <p>Supino: 16,53% vs. 20,01% vs. 18,38% vs. 22,66%</p> <p>Flexão cotovelos: 26,25% vs. 25,20% vs. 23,01% vs. 26,53%</p> <p>Flexão joelhos: 18,73% vs. 15,41% vs. 17,12% vs. 20,98%</p> <p>Extensão joelhos: 30,93% vs. 28,87% vs. 28,04% vs. 25,78%</p> <p><i>60% IRM</i></p> <p>Supino: 46,6% vs. 14,0% vs. 30,7% vs. 59,6% (simples/múltipla diferente de múltipla/múltipla)</p> <p>Flexão cotovelos: 41,1% vs. 42,5% vs. 42,4% vs. 67,1%</p> <p>Flexão joelhos: 38,9% vs. 22,3% vs. 48,2% vs. 33,4</p> <p>Extensão joelhos: 18,3% vs. 14,4% vs. 13,26 vs. 14,1%</p> <p><i>Altura dos saltos</i></p> <p><i>Squat jump</i>: 12,6% vs. 21,1% vs. 12,4% vs. 18,6%</p> <p><i>Countermovement jump</i>: 11,2% vs. 4,7% vs. 5,7% vs. 8,8%</p>
Colado et al. (2009a)	7 homens jovens ativos – grupo	Exercícios membros inferiores e superiores	3 vezes na semana- 8	<i>IRM estimado:</i>

	exercício aquático 5 homens jovens ativos – grupo controle	3x8-12 repetições 5x8-12 repetições Intensidade – repetições em cadência individualizada para cada exercício e sujeito	semanas	Supino: 5,12% Elevação lateral: 9,7% Remada sentado: 5,5% Remada alta: 11% <i>Squat jump</i> : 3,03% Massa magra: 1,95%
Buttelli (2011)	10 homens jovens ativos – grupo treinamento de força em meio aquático com série única 9 homens jovens ativos – grupo treinamento de força em meio aquático com séries múltiplas	Exercícios de membros superiores, inferiores e tronco em circuito 1x30 s 3x30 s Intensidade – máxima velocidade	2 vezes na semana – 10 semanas	Série única vs. Séries múltiplas: <i>IRM</i> : Flexão cotovelos: 5,1% vs. 4,8% Extensão cotovelos: 4,8% vs. 8,0% Flexão horizontal ombros: 3,4% vs. 5,6% Extensão horizontal ombros: 7,8% vs. 6,5% Flexão joelhos: 12,3% vs. 11,0% Extensão joelhos: 9,6% vs. 9,5%
Ambrosini et al. (2010)	52 mulheres de meia-idade divididas em grupo com equipamento membros inferiores e grupo com equipamento membros superiores	Flexores e extensores horizontais de ombro e extensores de quadril 2x30 s 3x20 s 4x15 s 2x3x10 s Intensidade: IEP 12-15 Borg primeira fase IEP 16-19 Borg demais fases	2 vezes na semana- 12 semanas	<i>IRM</i> : Flexão horizontal ombros com: 18,49% Flexão horizontal ombros sem: 17,10% Extensão horizontal ombros com: 9,82% Extensão horizontal ombros sem: 22,91% Extensão quadril com: 34,29% Extensão quadril sem: 41,60%
Colado et al. (2009b)	21 mulheres pós-menopáusicas – grupo bandas elásticas 15 mulheres pós-menopáusicas – grupo exercício aquático 10 mulheres pós-menopáusicas – grupo controle	8-10 exercícios membros inferiores e superiores realizados em circuito 1-3x20 repetições (intervalo 30 s) 3x20 repetições (sem intervalo) 2x15 repetições (superséries – intervalo 30 s) Intensidade: 5 da escala de OMNI 1-4 semanas 7 da escala de OMNI até o final das 24 semanas	2 vezes na semana – 12 semanas 3 vezes na semana – 12 semanas	Exercício aquático vs. banda elásticas: Gordura corporal - 14,56% vs. 11,97% Pressão arterial diastólica - 8,03% vs. 5,88% Massa livre de gordura - 2,88 vs. 1,22% Sentar e alcançar - 27,94% vs. 44,2% Agachar em 60 s - 65,76% vs. 46,04% Flexão de cotovelos - 84,74% vs. 51,59% Teste de abdominal - 28,11% vs. ns

## 2.2 Efeitos de um treinamento combinado no meio aquático

Em relação ao treinamento combinado, definido na presente revisão como um treinamento focado em mais de uma valência física, observa-se alguns estudos no ambiente aquático (Taunton et al., 1996; Bravo et al., 1997; Alves et al., 2004; Deveraux et al., 2005; Bocalini et al., 2008; Pinto et al., 2008; Sato et al., 2009; Graef et al., 2010; Katsura et al., 2010; Bento et al., 2012). Esses analisaram os efeitos de um treinamento no meio aquático realizado por mulheres idosas, na sua maioria. Da mesma forma que alguns estudos apenas com o treinamento de força no meio aquático, apresentam falhas na descrição do treinamento e também diversas avaliações que não parecem ser relevantes para mensurar as melhorias da intervenção realizada.

Dentro desse contexto, Taunton et al. (1996) investigaram os efeitos de um programa de exercícios realizados em meio aquático e terrestre sobre a capacidade cardiorrespiratória, medidas de força, flexibilidade e composição corporal em mulheres idosas ( $70 \pm 3,2$  anos). O treinamento foi realizado durante 12 semanas, com uma frequência semanal de três vezes. Quarenta e uma mulheres foram divididas aleatoriamente em dois grupos: grupo treinamento no meio aquático e grupo treinamento no meio terrestre. O treinamento realizado foi o mesmo em ambos os grupos e era composto de um aquecimento (10 min), exercícios aeróbicos (20 min – entre 60%-65% da frequência cardíaca máxima), exercícios de flexibilidade e equilíbrio (7 min), exercícios de força (8 min) e volta à calma (5 min). Os resultados indicaram que ambos os grupos, aquático e terrestre, aumentaram suas medidas de consumo de oxigênio máximo ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) após o treinamento (12% vs. 11%). Todavia, não houve mudanças nas medidas de força, flexibilidade e composição corporal após a intervenção em ambos os grupos. Os autores concluíram que ambos os treinamentos (aquático vs.

terrestre) foram eficientes para melhorar a capacidade cardiorrespiratória de mulheres idosas. Todavia, esse treinamento geral não foi específico ou longo o suficiente para acarretar melhorias na força, flexibilidade e composição corporal de sujeitos idosos. Além disso, é importante ressaltar que a medida da força máxima possivelmente não foi específica ao treinamento aplicado, visto que foi feito o teste de prensão manual após o treinamento. Contudo, esse estudo não descreve suficientemente o programa de treinamento executado durante as 12 semanas.

Bravo et al. (1997) analisaram os efeitos de um programa de treinamento no meio aquático sobre a densidade mineral óssea (DMO) do cólon do fêmur e coluna lombar (L2 a L4), componentes relacionados à aptidão física (flexibilidade, coordenação, agilidade, força resistente e resistência cardiorrespiratória) e bem-estar psicológico de mulheres pós-menopáusicas com osteopenia ( $n=77$ ,  $59,4 \pm 5,5$  anos). O treinamento apresentou uma duração de 12 meses, com uma frequência semanal de três vezes na semana. A sessão de treinamento era dividida em três partes: 10 min de aquecimento com exercícios de alongamento e flexibilidade envolvendo todas articulações e músculos; 40 min de saltos intercalados com exercícios localizados (série de 15-20 repetições) e 10 min de volta à calma que era composto por movimentos de relaxamento, alongamento, equilíbrio e exercícios de coordenação. Nas primeiras duas semanas a parte principal (40 min) foi composta de quatro períodos de saltos intercalados com 4 min de exercícios localizados. Os saltos foram realizados nas primeiras duas semanas entre 30–40% da frequência cardíaca (FC) de reserva e a partir da terceira semana a intensidade foi aumentada para 40–50% da FC de reserva. A máxima intensidade foi alcançada na quinta semana, a qual foi 50–60% da FC de reserva. A progressão do volume dos saltos foi a seguinte: quatro períodos de 5 min da semana 5 a 10; quatro períodos de 6 min da semana 11 a 30 e quatro períodos de 7 min

da semana 31 a 52. Os resultados mostraram que a DMO da coluna lombar diminuiu significativamente (-1,15%) após o treinamento, ao passo que a DMO do cólon do fêmur não diferiu entre os momentos pré e pós-treinamento. Quatro parâmetros relacionados à aptidão física funcional (flexibilidade: 6%, tempo teste agilidade: -9%, número repetições força resistente: 16% e tempo teste resistência cardiorrespiratória – ½ milha: -7%) foram afetados positivamente pelo programa de treinamento. Além disso, o bem-estar psicológico das mulheres melhorou após a participação nesse programa realizado no meio aquático (8%). Logo, os autores concluíram que o treinamento foi eficiente para melhorar parâmetros relacionados à aptidão física e ao bem-estar psicológico. Todavia, o mesmo não apresentou efeito sobre o sistema ósseo, mas os autores ressaltam o fato de o treinamento ter estagnado a perda de massa óssea do cólon do fêmur. Os próprios autores ressaltam a limitação do estudo por não ter um grupo controle e também outro aspecto que parece ser limitante no desenho experimental do estudo é o fato de a intensidade dos saltos ser baseada na FC de reserva dos sujeitos.

Com um estudo bastante simplificado, mas com uma aplicabilidade prática relevante, Alves et al. (2004) analisaram os efeitos de 12 semanas de um treinamento de hidroginástica realizado por mulheres idosas. Essas mulheres foram divididas em grupo controle (n=30, 79 ± 5 anos) e grupo hidroginástica (n=30, 78 ± 3 anos). As mulheres do grupo o qual treinou hidroginástica realizavam uma frequência semanal de duas vezes na semana dessa atividade. A sessão de hidroginástica era composta por quatro fases: aquecimento (alongamento e flexibilidade durante 5 min), exercícios aeróbicos (corridas, deslocamentos e movimentos combinados de braços e pernas com 1 min de estímulo e 1 min de recuperação durante 20 min), exercícios localizados (potência/resistência de membros superiores e inferiores e exercícios abdominais

utilizando a resistência da água durante 15 min) e volta à calma (5 min caminhada lenta). Tanto o grupo controle quanto o grupo hidroginástica realizaram a bateria de testes desenvolvida por Rikli & Jones (1999) pré e pós-treinamento. Os testes realizados foram os seguintes: sentar e levantar, flexão de cotovelo, sentar e alcançar, sentar/caminhar 2,44 m e voltar a sentar, alcançar atrás com os braços e caminhar 6 min. Os resultados mostraram melhoras significativas nos valores de todos os testes analisados para o grupo hidroginástica (sentar e levantar: 71,26%; flexão de cotovelo: 77,05%; sentar e alcançar:-192,86%; tempo sentar/caminhar 2,44 m e voltar a sentar: -20,55%; alcançar atrás com os braços: -90,09%; caminhar 6 min: 22,20%). Os autores concluíram nesse estudo que a hidroginástica contribuiu para melhorar a aptidão física de mulheres idosas. É importante ressaltar que esse estudo, apesar de ter uma grande aplicabilidade prática, não apresenta uma periodização adequada durante as 12 semanas de treinamento, pois parece que as idosas realizaram durante todo esse período a mesma sessão de hidroginástica sem controle de intensidade.

Com um estudo com enfoque clínico, Deveraux et al. (2005) investigaram os efeitos de um programa de atividades aquáticas sobre o equilíbrio, risco de quedas e qualidade de vida de mulheres idosas com diagnóstico de osteopenia ou osteoporose ( $73,3 \pm 3,94$  anos). Para tanto, 23 mulheres participaram do grupo intervenção e 24 mulheres participaram do grupo controle. O treinamento foi realizado durante 10 semanas, com uma frequência semanal de duas vezes. As sessões de treinamento no meio aquático foram compostas de um aquecimento, alongamento, parte aeróbica, *tai chi* adaptado para o ambiente aquático, parte de força, trabalho de postura, marcha, propriocepção e atividades de equilíbrio. Os resultados demonstraram que o equilíbrio dinâmico, avaliado através do *step test* (colocar o pé em cima do *step* e retorná-lo a posição inicial durante 15 s), melhorou significativamente tanto na perna direita (20%)

quanto na perna esquerda (19%). Não houve modificação no risco de quedas; todavia, houve um incremento significativo nos aspectos físicos (7%), sociais (29%) e saúde mental (13%) das mulheres idosas, avaliados através do questionário SF36 (*short-form health survey*), após as 10 semanas de intervenção. Dessa forma, os autores concluíram que o treinamento no meio aquático foi eficaz para melhorar o equilíbrio e a qualidade de vida de mulheres com 65 anos ou mais, com diagnóstico de osteopenia ou osteoporose.

Kruel et al. (2005), enfatizaram os efeitos de um treinamento de força na hidroginástica realizado com e sem a utilização de equipamento apropriado para o meio aquático (resistido) sobre a força dinâmica máxima dos músculos flexores e extensores de cotovelo e adutores de quadril em mulheres adultas. Para tanto 17 mulheres foram divididas em dois grupos experimentais: grupo de treinamento de força com equipamento nos membros inferiores e sem equipamento nos membros superiores (n=11, 57,90 ± 6,93 anos) e grupo de treinamento de força sem equipamento nos membros inferiores e com equipamento nos membros superiores (n=6, 53,33 ± 8,40 anos). O treinamento foi realizado durante 11 semanas, com duas sessões semanais de 45 min. A sessão era composta das etapas: aquecimento, parte principal (treinamento aeróbico e de força) e volta à calma. O treinamento aeróbico era composto de aproximadamente 20 min de exercícios de hidroginástica executados em baixa intensidade. No treinamento de força, os exercícios utilizados foram a adução e abdução de quadris e flexão e extensão de cotovelos, realizados na velocidade máxima de movimento e dispostos em sequências de movimentos distintos. A primeira sequência era composta dos seguintes movimentos: ênfase na adução do quadril direito, ênfase na adução de quadril esquerdo e flexão e extensão de cotovelos. Na segunda sequência os movimentos eram os seguintes: adução e abdução de quadris na posição sentada, flexão

e extensão do cotovelo direito e flexão e extensão do cotovelo esquerdo. Na primeira fase (cinco semanas) foram realizadas três séries de 15 repetições (duração máxima dentro de 30 s) de cada sequência de exercícios, na segunda fase (três semanas) quatro séries de 12 repetições (duração máxima dentro 25 s) e na terceira e última fase (três semanas) cinco séries de 10 repetições (duração máxima dentro 20 s). Os resultados mostraram que, independente do uso ou não de equipamento resistido para realização dos exercícios, a força dinâmica máxima dos flexores (14% vs. 12%, respectivamente) e extensores de cotovelo (21% vs. 29%, respectivamente) e adutores de quadril (11% vs. 12%, respectivamente), representada através do teste de 1RM, aumentou significativamente após o treinamento. Logo, os autores concluem que o treinamento de força na hidroginástica foi eficiente para aumentar a força dinâmica máxima dos membros superiores e inferiores de mulheres adultas, independente do uso ou não de equipamento apropriado para o meio aquático. Ressalta-se nesse estudo a falta de progressão do treinamento aeróbico durante as 12 semanas.

Bocalini et al. (2008) analisaram os efeitos de um treinamento no meio aquático comparado aos mesmos de um treinamento de caminhada no meio terrestre. Para tanto, 72 mulheres idosas foram divididas em três grupos: sedentário (n=10, 63 ± 1 anos), treinamento no meio aquático (n=25, 64 ± 1 anos) e treinamento de caminhada no meio terrestre (n=15, 64 ± 1 anos). Essas mulheres idosas realizaram um treinamento durante 12 semanas, com uma frequência semanal de três vezes e intervalo de um dia entre as sessões. A sessão do treinamento no meio aquático era composta por 60 min dividida em três estágios: aquecimento e alongamento (10 min), exercícios aeróbicos (corrida, movimentos de braços e pernas) e exercícios de força (supino, rosca bíceps, rotação lombar, extensão e flexão de joelho, pressão de pernas, flexão plantar e adução e abdução do quadril) com diferentes equipamentos apropriados para o meio aquático (45

min) e volta à calma com caminhada lenta e alongamento (5 min). Importante salientar que no segundo estágio das sessões de treinamento no meio aquático os sujeitos realizavam 10-15 repetições de cada exercício na intensidade de 70% da frequência cardíaca máxima ( $FC_{máx}$ ) predita ( $220 - idade$ ). O treinamento de caminhada no meio terrestre era realizado cinco vezes na semana durante 60 min. Uma caminhada lenta e um alongamento foram realizados como aquecimento e volta à calma. A intensidade da parte principal do treinamento de caminhada foi a mesma utilizada no treinamento no meio aquático (70%  $FC_{máx}$ ). Foram realizados teste pré e pós-treinamento de potência aeróbica máxima (protocolo de Bruce em esteira) e testes validados da bateria de Rikli & Jones (1999) (flexão de cotovelo, sentar e levantar, sentar/caminhar 2,44 m e voltar a sentar, sentar e alcançar e alcançar atrás com os braços). Os resultados mostraram que a massa corporal não alterou após o treinamento em ambos os grupos de treinamento. A FC de repouso diminuiu 10% após o treinamento no meio aquático e o  $VO_{2máx}$  aumentou 42% após o treinamento no meio aquático e 32% após o treinamento de caminhada no meio terrestre. O aumento nessa variável foi significativamente maior no grupo de treinamento no meio aquático comparado ao grupo de treinamento de caminhada no meio terrestre. Houve melhora em quase todos os testes da bateria de Rikli & Jones (1999) em ambos os grupos após o treinamento. Todavia, apenas o grupo de treinamento no meio aquático melhorou o desempenho nos testes de flexão de cotovelo (força membros superiores; 47%) e de alcançar atrás com os braços (flexibilidade dos membros superiores, -40%). Além disso, os sujeitos que realizaram o treinamento no meio aquático apresentaram resultados significativamente melhores comparado aos mesmos obtidos pelos sujeitos que realizaram o treinamento de caminhada no meio terrestre nos testes de sentar e alcançar (flexibilidade membros inferiores, 50% vs. 33%). Os grupos apresentaram ganhos similares nos testes de sentar

e levantar (grupo meio aquático: 54% vs. grupo meio terrestre: 65%) e sentar/caminhar 2,44 m e voltar a sentar (grupo meio aquático: -34% vs. grupo meio terrestre: -37%). Logo, os autores afirmam que ambos os treinamentos melhoraram a aptidão cardiorrespiratória e neuromuscular de mulheres idosas, contudo o treinamento no meio aquático foi mais eficaz para incrementar esses mesmos parâmetros comparado ao treinamento realizado no meio terrestre. É importante destacar que o treinamento aquático desse estudo possivelmente foi realizado em uma intensidade aeróbica maior que a do treinamento em meio terrestre, visto que a prescrição foi realizada com base na  $FC_{máx}$  estimada e sabe-se que essa variável apresenta uma menor resposta em meio aquático.

Analisando mulheres de meia-idade, Pinto et al. (2008) verificaram os efeitos de um treinamento na hidroginástica com bandas elásticas. Para tanto 15 mulheres formaram o grupo treinamento na hidroginástica com bandas elásticas ( $54,9 \pm 2,6$  anos) e 11 mulheres formaram o grupo treinamento na hidroginástica sem bandas elásticas ( $55,3 \pm 2,4$  anos). O treinamento foi realizado durante quatro semanas, com frequência semanal de duas vezes. A sessão em ambos os grupos era composta de um aquecimento (10 min), treinamento de força muscular (20 min), exercícios aeróbicos (10 min) e volta à calma (10 min). A parte principal, composta pelo treinamento de força, foi realizada com os exercícios de extensão e flexão de joelho, crucifixo em pé, remada, flexão e extensão de cotovelos, abdução de ombros e flexão horizontal de ombros. A diferença da parte principal entre os grupos era a realização dos exercícios com ou sem bandas elásticas. Os exercícios de força foram realizados sem ultrapassar o índice de esforço percebido 15 (intenso) da escala de Borg. Os resultados desse estudo demonstraram que houve um aumento no número de repetições durante o teste de flexão de cotovelos, realizado com 2 kg e de forma unilateral, maior no grupo treinamento na hidroginástica

com bandas elásticas comparado com o grupo treinamento na hidroginástica sem bandas elásticas (46% vs. 19%). O mesmo resultado ocorreu durante o teste de sentar e levantar 30 s de uma cadeira (32% vs. 9%), entretanto, um incremento semelhante entre os grupos foi observado durante o teste de impulsão vertical (salto sem auxílio dos membros superiores) (32% vs. 15%). Dessa forma, os autores sugerem o uso de bandas elásticas para melhorar a força resistente de membros inferiores e superiores.

Sato et al. (2009) realizando um estudo com sujeitos idosos fragilizados, compararam os efeitos de um programa de exercícios realizados no meio aquático uma ou duas vezes na semana durante dois anos sobre o desempenho das atividades de vida diária e força muscular de membros inferiores. Os sujeitos foram divididos em dois grupos: grupo exercícios aquáticos uma vez por semana ( $n=9$ ,  $79,2 \pm 5,1$  anos) e grupo exercícios aquáticos duas vezes por semana ( $n=11$ ,  $75,3 \pm 6,0$  anos). O treinamento foi sempre composto de 10 min de aquecimento no meio terrestre (exercícios de flexibilidade) e 50 min de exercícios em meio aquático. Nesses 50 min os sujeitos realizavam 20 min de caminhada, 10 min de exercícios de atividade de vida diária, 10 min de alongamento e exercícios de força e 10 min de relaxamento. A intensidade do treinamento foi no índice de esforço percebido 11 (leve) da escala de Borg. Os resultados mostraram que ambos os grupos (uma ou duas vezes na semana) melhoraram suas atividades de vida diária (avaliadas através de uma escala) relacionadas a mobilidade funcional (13% vs. 24%), deslocar-se até o chuveiro (10% vs. 26%), deslocar-se até o banheiro (12%) e subir degraus (33% vs. 35%) do período pré-treinamento em comparação aos períodos de seis meses e um ano. Além disso, resultados similares foram encontrados para força dos extensores de joelho (avaliada com dinamômetro de mão) (86% vs. 48%). Para a força dos dorsoflexores de tornozelo, também ambos os grupos aumentaram a mesma do período pré-treinamento para o

período de um ano (50% vs. 57%). É importante destacar que apenas o grupo exercícios aquáticos duas vezes na semana melhorou as atividades de vida diária de deslocar-se da cadeira para cama (24%) e de locomoção do período pré-treinamento em comparação aos períodos de seis meses e um ano (20%). Nas comparações das avaliações ao final de dois anos com as avaliações pré treinamento, apenas o grupo de duas vezes na semana apresentou diferença entre esses períodos para a mobilidade funcional (22%), deslocar-se da cadeira para cama (22%), deslocar-se até o chuveiro (22%), locomoção (18%), subir degraus (38%) e força dos extensores de joelho (43%). Dessa forma, os autores sugerem que duas vezes na semana de exercícios aquáticos para idosos fragilizados são necessários para manter o desempenho nas atividades de vida diária e manter a força dos extensores de joelho.

Dando uma maior ênfase aos efeitos de um treinamento de força no meio aquático, Graef et al. (2010) realizaram um estudo investigando mulheres idosas, com idades entre 60-74 anos. O treinamento foi realizado durante 10 semanas, com duas sessões semanais. As mulheres idosas foram aleatoriamente divididas em grupo de treinamento de força em hidroginástica com controle da resistência (n=10, 68,40 ± 6,70 anos), treinamento de hidroginástica sem controle da resistência (n=10, 64,10 ± 3,51) e grupo controle (n=7, 67,57 ± 4,68). Ambos os grupos, treinamento de força em hidroginástica com controle da resistência e sem controle de resistência, realizaram as sessões com exercícios aeróbicos e exercícios de resistência muscular localizada. O treinamento aeróbico para ambos os grupos foi composto de exercícios típicos da hidroginástica, realizados na intensidade 11-13 da escala de Borg. Para o treinamento de força em hidroginástica com controle da resistência foram realizados quatro mesociclos de três semanas, com quatro séries de 15 repetições, quatro séries de 12 repetições, cinco séries de 10 repetições e cinco séries de 8 repetições do exercício de flexão e

extensão horizontal de ombros na máxima velocidade e com equipamento resistido, respectivamente. Para o treinamento de força em hidroginástica sem controle de resistência as sessões não foram periodizadas e o controle da resistência durante os exercícios musculares localizados não foi controlada. O teste de 1RM foi realizado antes e após o treinamento e os resultados demonstraram que houve um aumento de 11% da força dos flexores horizontais do ombro apenas para o grupo treinamento de força em hidroginástica com controle de resistência. Dessa forma, esses achados sugerem que um treinamento com ênfase nos ganhos de força no meio aquático pode ser efetivo para aumentar a força dinâmica máxima de mulheres idosas. Assim como no estudo de Krueger et al. (2005), não está claro o fato de o treinamento aeróbico ter sido realizado sem progressão, mesmo que os efeitos de tal treinamento não tenha sido avaliado após as 10 semanas de treinamento.

Com um estudo enfatizando bastante a capacidade funcional dos sujeitos idosos, Katsura et al. (2010) analisaram os efeitos de um treinamento realizado no meio aquático com e sem equipamento sobre parâmetros da aptidão física e sintomas subjetivos de 20 sujeitos (quatro homens e 16 mulheres). Esses sujeitos foram divididos em dois grupos: grupo com equipamento resistido ( $n=12$ ,  $68,5 \pm 4,2$  anos) e grupo sem equipamento resistido ( $n=8$ ,  $70,0 \pm 5,1$  anos). O treinamento foi realizado durante oito semanas, com frequência semanal de três vezes e duração da sessão de 90 min. A sessão era constituída de 15 min de aquecimento e exercícios de flexibilidade, 60 min de exercícios aeróbicos e de força baseados na caminhada e 15 min de volta à calma. Na primeira semana o aquecimento, alongamento e a caminhada para frente, para o lado e para trás foram realizadas com música. Além disso, aquatubos foram utilizados em ambos os grupos para exercícios de abdução e adução do quadril. Na segunda semana, exercícios mais complexos, incluindo recreação, dança e abdominais foram adicionados

aos utilizados na primeira semana. Na terceira semana, outros exercícios envolvendo a musculatura abdominal e músculos da coxa foram adicionados aos realizados na segunda semana. Durante as semanas 4-8 exercícios com distâncias maiores de caminhada foram incrementados aos demais descritos acima. A intensidade do treinamento foi controlada através do índice de esforço percebido 13 da escala de Borg. Os resultados mostraram que na comparação entre os testes pré e pós-exercício tanto o grupo que treinou com equipamento quanto o que treinou sem, melhoraram significativamente os valores do teste de sentar e alcançar (12,19% vs. 18,64%), força de flexão plantar (35,60% vs. 19,06%) e o tempo de teste que avaliou a função de equilíbrio (levantar, caminhar uma distância de 3 m, voltar a mesma distância e sentar novamente) (-11,86% vs. -6,90%). Apenas o grupo com equipamento melhorou significativamente o desempenho no teste de caminhar 5 m em velocidade máxima (-15,79%) e também apresentou uma diminuição dos sintomas de fadiga (-10,42%), avaliada através de sintomas subjetivos, após o treinamento. Na comparação entre os grupos, observou-se melhoras significativas no tempo de execução dos testes de caminhar 5 m em velocidade máxima (-15,79% vs. 6,25%), caminhar 10 m com obstáculos (-3,49% vs. 6,25%) e teste de avaliação do centro de equilíbrio com os olhos abertos (-10,88 vs. 14,39%) no grupo que treinou com equipamento em comparação ao que treinou sem. Os autores concluem nesse estudo que o treinamento com idosos no meio aquático com o equipamento resistido foi capaz de melhorar o equilíbrio, a habilidade da caminhada e também sintomas de ansiedade e tensão. Logo, os resultados sugerem a possibilidade desse treinamento evitar quedas de idosos.

Recentemente, Bento et al. (2012) avaliaram os efeitos de um treinamento na hidroginástica sobre o pico de torque isométrico e taxa de desenvolvimento de torque de diferentes grupos musculares dos membros inferiores em sujeitos idosos. Para tanto, 24

sujeitos formaram o grupo treinamento de hidroginástica (84% mulheres,  $65,6 \pm 4,2$  anos) e 14 sujeitos formaram o grupo controle (72% mulheres,  $65,6 \pm 4,4$  anos). O treinamento foi realizado durante 12 semanas, com frequência de três sessões semanais. A sessão de hidroginástica era composta de um aquecimento (20 min), atividades aeróbicas (20 min), exercícios de força para os membros inferiores (20 min) e alongamento (10 min). As atividades aeróbicas eram compostas por exercícios tradicionais da modalidade de hidroginástica e foram executados entre os índices de esforço percebido 12-16 da escala de Borg e entre 40-60% da FC de reserva dos participantes. Os exercícios de força foram realizados nos movimentos de flexão e extensão de quadril e joelho e também no movimento de flexão plantar. Foram realizadas séries de 40 s, com intervalos de 20 s. A intensidade nas semanas 1-4 foi no índice de esforço percebido 12 da escala de Borg e movimentos realizados em velocidade moderada. O índice de esforço percebido foi entre 12-14 nas semanas 5-8 e os movimentos foram realizados em velocidade maior que a moderada. Nas últimas semanas, os exercícios de força foram realizados entre os índices de esforço percebido 14-16 e em máxima velocidade voluntária dos sujeitos. Os resultados desse estudo demonstraram que houve um incremento do pico de torque isométrico (avaliado com célula de carga) dos flexores (18%) e extensores de quadril (40%) e flexores do tornozelo (42%) após as 12 semanas de treinamento. Além disso, houve um aumento da taxa de desenvolvimento de torque, para o grupo treinamento de hidroginástica, durante a contração isométrica voluntária máxima de extensão de joelho (11%) e quadril (10%) e também flexão do tornozelo (27%). Nos testes funcionais de sentar e alcançar (-411%), sentar/caminhar 2,44 m e voltar a sentar (-7,58%) e caminhar 6 min (4,21%) houve um efeito positivo do treinamento de 12 semanas na hidroginástica. Os autores

concluíram que o programa de hidroginástica melhorou o desempenho nos testes de força e funcionais.

Em relação aos estudos que investigaram os efeitos de um treinamento concorrente no meio aquático, pode-se afirmar que a literatura é extremamente escassa. No presente estudo, o treinamento concorrente é entendido como uma intervenção composta de uma periodização sistemática de treinamento de força e aeróbico. Dessa forma, na literatura pesquisada, foram encontrados três estudos (Takeshima et al., 2002; Tsourlou et al., 2006; Tormen, 2007), em meio aquático e com a hidroginástica, que preencheram tais requisitos. Os mesmos serão descritos a seguir.

Takeshima et al. (2002) analisaram os efeitos de um treinamento concorrente (aeróbico e força) no meio aquático sobre a composição corporal, capacidade cardiorrespiratória, força muscular, perfil lipídico e flexibilidade de mulheres idosas. As participantes foram divididas de forma aleatória em dois grupos: grupo treinamento (n=15, 69,3 ± 4,5 anos) e grupo controle (n=15, 69,3 ± 3,3 anos). Os sujeitos realizaram o treinamento durante 12 semanas com uma frequência semanal de três vezes e a duração de cada sessão foi de 70 min. Essa sessão foi dividida em 20 min de alongamento e aquecimento, 30 min de exercício aeróbico (caminhada e dança), 10 min de exercícios de força e 10 min de volta à calma e relaxamento. A intensidade do exercício aeróbico foi prescrita com base na FC no limiar anaeróbico, a qual foi obtida do teste progressivo em cicloergômetro no meio terrestre. Durante os exercícios de força foram utilizados equipamentos nos membros superiores e inferiores e os mesmos foram executados na velocidade máxima durante uma série de 10-15 repetições. O treinamento concorrente na hidroginástica sempre iniciou com o treinamento aeróbico seguido do de força. Os resultados mostraram que o grupo treinamento apresentou um aumento do consumo de oxigênio de pico (12%) e do consumo de oxigênio no limiar

anaeróbico (20%) comparado com os valores pré-treinamento. A força de diversos grupos musculares (extensão joelho: 8%, flexão joelho: 13%, supino sentado: 7%, puxada baixa: 11%, desenvolvimento ombros: 4%, puxada alta: 6%, extensão lombar: 6%), a altura do salto vertical (9%), a flexibilidade (11%), a agilidade (22%) e o volume de expiração forçada em 1 s (7%) também apresentaram um aumento significativo em seus valores após o treinamento. A soma das dobras cutâneas (-8%), a lipoproteína de baixa densidade (LDL) (-17%) e colesterol total (11%) das mulheres idosas diminuíram após as 12 semanas de treinamento. Essas mudanças citadas nas diferentes variáveis analisadas não foram observadas no grupo controle do estudo. Dessa forma, os autores concluem que o treinamento combinado de hidroginástica bem estruturado provocou melhorias em diversos componentes da aptidão física de mulheres idosas.

Apresentando uma abordagem metodológica bem completa e estruturada, Tsourlou et al. (2006) investigaram os efeitos de um treinamento concorrente durante 24 semanas sobre a força muscular (isométrica e dinâmica), flexibilidade e agilidade em mulheres saudáveis com idade acima de 60 anos. Vinte e duas mulheres idosas foram aleatoriamente divididas em dois grupos: grupo de treinamento aquático (12 sujeitos;  $69,3 \pm 1,9$  anos) e grupo controle (10 sujeitos;  $68,4 \pm 6,7$  anos). As mulheres do grupo experimental realizavam o treinamento durante três vezes na semana e cada sessão era composta por 60 min (10 min aquecimento, 25 min treinamento aeróbico, 20–25 min treinamento de força e 5 volta à calma). A intensidade do treinamento aeróbico foi controlada através do  $\%FC_{\text{máx}}$ , com aumento progressivo da intensidade de 65% (semanas 1-4), para 70% (semanas 5-8) e de 75% (semanas 9-12), para 80% da  $FC_{\text{máx}}$  (últimas 12 semanas). O treinamento de força foi realizado com equipamentos apropriados para o meio aquático e a intensidade foi controlada através da cadência musical, com duas séries de 12–15 repetições nas semanas 1-2, 2-3 séries de 12–15

repetições nas semanas 3-6 e três séries de 12–15 repetições nas semanas 7-24. Para todos os exercícios de força houve um incremento da cadência ao longo das 24 semanas (60 bpm semanas 1-6, 80 bpm semanas 7-12, 100 bpm semanas 13-18 e 120 bpm semanas 19-24). O treinamento concorrente na hidroginástica sempre iniciou com o treinamento aeróbico seguido do de força. Os resultados desse estudo mostraram que após o treinamento as mulheres idosas apresentaram uma melhora significativa no pico de torque isométrico dos extensores e flexores de joelho (10% vs. 13%), na força de preensão manual (13%), nas três repetições máximas (3RM) dos exercícios de extensão de joelhos (29%), *leg press* (29%) e supino (26%), na altura do *squat jump* (25%), no desempenho no teste de sentar e alcançar (12%) e no teste de agilidade (-19,8%). Os autores concluem que o treinamento de força no meio aquático pode aumentar a força dinâmica e isométrica dos membros superiores e inferiores e também apresenta mudanças favoráveis no desempenho funcional de mulheres idosas.

Tormen (2007) analisou os efeitos de um treinamento concorrente na hidroginástica sobre o perfil lipídico, tempo de exaustão em esteira rolante e força muscular dinâmica máxima dos membros superiores e inferiores em mulheres pré-menopáusicas. Essas mulheres foram divididas em dois grupos: grupo que realizou o treinamento e após um destreinamento, o qual foi caracterizado pela ausência de atividade física (n=29, 44,0 ± 2,83 anos) e grupo que realizou o treinamento e após realizou aulas de hidroginástica não-periodizadas (n=6, 42,8 ± 2,04 anos). O período de treinamento foi de 20 semanas, com duas sessões semanais compostas por 60 min. Tanto os sujeitos que realizaram o destreinamento com a ausência de atividade física quanto os que realizaram a hidroginástica não-periodizada, foram submetidos a esses processos durante 20 semanas. O treinamento concorrente na hidroginástica sempre iniciou com o treinamento de força seguido do aeróbico. O treinamento de força

ênfatizou os seguintes grupos musculares: extensores de joelho e flexores e extensores horizontais de ombros. Todos os exercícios foram realizados em máxima velocidade e a progressão do treinamento foi realizada através do aumento do número de séries, com uma diminui o simultânea do tempo de execu o dos exercícios (2 séries 30 s; 3 séries 20 s; 4 séries 15 s e duas vezes 3 séries 10 s), e conseqüentemente aumento da dura o do treinamento de força ao longo das 20 semanas. O treinamento aeróbico foi realizado durante as 20 semanas em um percentual da  $FC_{máx}$  (70-80%), com uma diminui o da dura o do mesmo ao longo das 20 semanas (21 min; 18 min; 14 min; 3 min). Os resultados desse estudo mostraram que o treinamento concorrente na hidroginástica foi eficaz para melhorar todas as variáveis relacionadas ao perfil lipídico (colesterol total: -17% vs -21%, HDL-colesterol: -10% vs. -9%, LDL-colesterol: -21% vs. -25% , triglicerídeos: -23% vs. -20%, razão LDL-HDL: -13% vs. 17%, risco colesterol total-HDL: -10 vs. -13%), e também o mesmo incrementou significativamente a força muscular dinâmica máxima (1RM) de membros inferiores (85% vs. 79%) e superiores (extensores horizontais ombros: 54% vs. 48%, flexores horizontais ombros: 62% vs. 52%). O treinamento concorrente também aumentou o tempo de exaustão dos sujeitos no teste em esteira rolante em ambos os grupos analisados (17% vs. 18%). Além disso, o marcador de remodela o óssea hidroxiprolina foi incrementado (18% vs. 6%) após o período do treinamento em ambos os grupos (grupo treinamento e após um destreinamento vs. grupo treinamento e após aulas de hidroginástica não-periodizadas). No período de destreinamento, tanto o grupo que não realizou nenhuma atividade física quanto o grupo que executou aulas não periodizadas de hidroginástica apresentaram uma diminui o de praticamente todas as variáveis analisadas para os níveis observados no período pré-treinamento. Dessa forma, conclui-se que o treinamento concorrente na hidroginástica foi eficiente para acarretar melhorias em diversos parâmetros

relacionados à saúde e também esse estudo demonstra a necessidade de um programa ser bem estruturado e planejado.

Em relação a maioria dos estudos com treinamento combinado (treinamento focado em mais de uma valência física) em meio aquático, pode-se afirmar que a descrição do treinamento aplicado é pobre e insuficiente para reprodução do estudo. Além disso, a progressão do treinamento das diferentes valências físicas não é clara e parece não ocorrer a adaptação da intensidade e de determinados exercícios ao ambiente aquático. Muitos estudos apresentam diversos tipos de avaliações, as quais não são condizentes e/ou específicas ao tipo de intervenção aplicada. Por fim, os estudos com treinamento concorrente (intervenção composta de uma periodização sistemática de treinamento de força e aeróbico) em meio aquático apresentam uma abordagem metodológica mais completa e estruturada. Todavia, os mesmos apresentam diferentes formas de realizar a periodização, principalmente do treinamento de força, em meio aquático. Ainda é importante ressaltar, que parece não existir nenhum estudo em meio aquático analisando os diferentes fatores responsáveis pela “efeito de interferência” advindo do treinamento concorrente. O “efeito de interferência” é definido como os menores ganhos de força durante o treinamento concorrente quando comparado com os mesmos obtidos em um treinamento de força realizado isoladamente (Sale et al., 1990; Kraemer et al., 1995; Bell et al., 1997; Cadore et al., 2010; García-Pallares & Izquierdo, 2011). No quadro 2 são apresentadas as características e os resultados de alguns estudos que investigaram os efeitos de um treinamento combinado e concorrente no meio aquático em diferentes parâmetros cardiorrespiratórios e neuromusculares em sujeitos de meia-idade e idosos.

Quadro 2 - Características e resultados de estudos com treinamento combinado ou concorrente no meio aquático com sujeitos de meia-idade e idosos.

Estudos	Sujeitos	Tipo de treinamento	Duração	Achados
Taunton et al. (1996)	Mulheres idosas divididas em grupo exercícios em meio aquático e grupo exercícios em meio terrestre	Treino em ambos grupos: Exercícios aeróbicos Intensidade – 60 – 65% $F_{c_{máx}}$ Exercícios flexibilidade e equilíbrio Exercícios força	3 vezes na semana – 12 semanas	Meio aquático vs. Meio terrestre $VO_{2máx}$ : 11,7% vs. 10,9% Força: ns Flexibilidade: ns
Bravo et al. (1997)	77 mulheres pós-menopáusicas com osteopenia	Saltos 4 períodos de 5 min 4 períodos de 6 min 4 períodos de 7 min Intensidade Semanas 1-2 30–40% FC reserva Semana 3 40–50% FC reserva Semana 5 50–60% FC reserva Exercícios localizados série de 15-20 repetições	3 vezes na semana – 12 meses	DMO cólon do fêmur: ns DMO coluna lombar (L2 a L4): -1,15 Flexibilidade: 5,63% Tempo teste agilidade: -8,76% Força resistente (nº repetições): 16,19% Tempo teste cardiorrespiratório (1/2 milha): -7,06% Bem-estar psicológico: 8,39%
Alves et al. (2004)	30 mulheres idosas - grupo controle 30 mulheres idosas - grupo hidroginástica	Exercícios aeróbicos Exercícios localizados	3 vezes na semana – 12 semanas	<i>Bateria de testes Rikli &amp; Jones (1999)</i> Sentar e levantar: 71,26% Flexão de cotovelo: 77,05% Sentar e alcançar:-192,86% Tempo sentar/caminhar 2,44 m e voltar a sentar: -20,55% Alcançar atrás com os braços: -90,09% Caminhar 6 min: 22,20%
Deveraux et al. (2005)	23 mulheres idosas – grupo intervenção meio aquático 24 mulheres idosas – grupo controle	Exercícios aeróbicos Tai chi adaptado para meio aquático Exercícios de força Postura Marcha Propriocepção Equilíbrio	2 vezes na semana – 10 semanas	<i>Step test</i> Perna direita: 20% Perna esquerda: 18,80% <i>Qualidade de vida SF36</i> Aspecto físico: 6,60% Aspecto social: 28,71% Saúde mental: 12,78%
Kruel et al. (2005)	11 mulheres pós-menopáusicas com equipamento membros inferiores 6 mulheres pós-menopáusicas com equipamento membros superiores	Treinamento aeróbico 20 min exercícios em baixa intensidade Treinamento de força Adutores/abdutores quadril e flexores/extensores cotovelo 3x15 repetições (30 s)	2 vezes na semana- 11 semanas	<i>IRM:</i> Adução quadril com: 10,73% Adução quadril sem: 12,37% Flexão cotovelos com: 14,21% Flexão cotovelos sem: 12,16% Extensão cotovelos com: 20,71% Extensão cotovelos sem: 28,76%

		4x12 repetições (25 s) 5x10 repetições (20 s) Intensidade – repetições em máxima velocidade		
Bocalini et al. (2008)	25 mulheres idosas -treinamento no meio aquático 15 mulheres idosas- treinamento de caminhada no meio terrestre	Treinamento no meio aquático Exercícios aeróbicos Exercícios de força -10-15 repetições Intensidade - 70% FC <sub>máx</sub> predita Treinamento de caminhada no meio terrestre 30 min parte principal Intensidade - 70% FC <sub>máx</sub> predita	Treinamento meio aquático 3 vezes na semana – 12 semanas Treinamento meio terrestre 5 vezes na semana – 12 semanas	<i>Bateria de testes Rikli &amp; Jones (1999)</i> Meio aquático vs. Meio terrestre Flexão de cotovelo: 47,06% vs. ns Sentar e alcançar: 50% vs. 33,33% Sentar e levantar: 54,17% vs. 65% Alcançar atrás com os braços: -40% vs. ns  FC de repouso: 10% vs. ns VO <sub>2máx</sub> : 42% vs. 32%
Pinto et al. (2008)	15 mulheres de meia-idade – grupo treinamento de hidroginástica com bandas elásticas 11 mulheres de meia-idade – grupo treinamento de hidroginástica	Treinamento de força muscular 15-20 repetições Intensidade – até o IEP 15 da escala de Borg Exercícios aeróbicos Intensidade – recreacional	2 vezes na semana – 4 semanas	Hidroginástica com bandas elásticas vs. Hidroginástica sem bandas elásticas Número repetições flexão cotovelos: 45,9% vs. 19,2% Impulsão vertical: 31,7% vs. 15,3% Sentar e levantar 30 s: 32,4% vs. 9%
Sato et al. (2009)	9 sujeitos idosos fragilizados - Grupo exercícios aquáticos uma vez na semana 11 sujeitos idosos fragilizados - Grupo exercícios aquáticos duas vezes na semana	Treinamento no meio aquático Caminhada Exercícios de atividade de vida diária Alongamento e força Relaxamento Intensidade - IEP 11 da escala de Borg	1 vez na semana – 2 anos 2 vezes na semana – 2 anos	<i>Grupo exercícios aquáticos uma vez na semana</i> <i>Pré vs. 6 meses=1 ano</i> Mobilidade funcional: 13,52% Deslocamento banho: 10,34% Deslocamento banheiro: 12,28% Subir degraus: 32,61% Força extensores joelho: 85,71% <i>Grupo exercícios aquáticos duas vezes na semana</i> <i>Pré vs. 6 meses=1 ano</i> Mobilidade funcional: 23,68% Deslocamento banho: 25,92% Deslocamento banheiro: 19,30% Subir degraus: 35,55% Força extensores joelho: 47,62% <i>Apenas grupo exercícios aquáticos duas vezes na semana</i> <i>Pré vs. 6 meses=1 ano</i> Deslocamento cadeira/cama: 24,07% Locomoção: 19,64% <i>Apenas grupo exercícios aquáticos duas vezes na semana</i>

				<i>Pré vs. 2 anos</i> Mobilidade funcional: 22,56% Deslocamento cadeira/cama: 22,22% Deslocamento banho: 22,22% Locomoção: 17,86% Subir degraus: 37,78% Força extensores joelho: 42,85% <i>Grupo exercícios aquáticos uma vez na semana</i> <i>Pré vs. 1 ano=2 anos</i> Força dorsoflexores tornozelo: 50% <i>Grupo exercícios aquáticos duas vezes na semana</i> <i>Pré vs. 1 ano=2 anos</i> Força dorsoflexores tornozelo: 57,14%
Graef et al. (2010)	10 mulheres idosas - grupo de treinamento de força em hidroginástica com controle da resistência 10 mulheres idosas - grupo treinamento de hidroginástica sem controle da resistência 7 mulheres idosas - grupo controle	Grupo treinamento de força em hidroginástica com controle da resistência Exercícios aquáticos aeróbicos Intensidade - IEP 11-13 da escala de Borg Exercício de força flexão e extensão horizontal de ombros 4x15 repetições, 4x12 repetições, 5x10 repetições 5x8 repetições Intensidade - máxima velocidade	2 vezes na semana- 10 semanas	Grupo treinamento de força hidroginástica com controle da resistência vs. Grupo treinamento hidroginástica sem controle da resistência <i>IRM:</i> Flexão horizontal ombros: 10,89% vs. 0,13%
Katsura et al. (2010)	12 sujeitos idosos (1 homem e 11 mulheres) - grupo com equipamento resistido 8 sujeitos (3 homens e 5 mulheres) - grupo sem equipamento resistido	Exercícios aeróbicos e de força baseados na caminhada Intensidade - IEP 13 da escala de Borg	3 vezes na semana - 8 semanas	Grupo com equipamento vs. Grupo sem equipamento Teste de sentar e alcançar: 12,19% vs. 18,64% Força de flexão plantar: 35,60% vs. 19,06% Tempo de teste que avaliou equilíbrio: -11,86% vs. -6,90% Tempo teste caminhar 5 m: -15,79% vs. 6,25% Sintomas de fadiga: -10,42% vs. 1,13% Tempo teste caminhar 10 m c/ obstáculos: -3,49% vs. 6,25% Deslocamento centro de equilíbrio c/ olhos abertos: -10,88 vs. 14,39%
Bento et al. (2012)	24 sujeitos idosos (84% mulheres) - grupo treinamento de hidroginástica 14 sujeitos idosos (72% mulheres)	Atividades aeróbicas com exercícios de hidroginástica Intensidade - IEP 12-16 da escala de Borg (40%-60% FC de reserva)	3 vezes na semana- 12 semanas	<i>Pico de torque isométrico:</i> Flexão quadril: 18% Extensão quadril: 40% Flexão plantar: 42%

	– grupo controle	Exercícios de força para membros inferiores 40 s (intervalo 20 s) Intensidade Semanas 1-4 IEP 12 velocidade moderada Semanas 5-8 IEP 12-14 velocidade acima da moderada Semanas 9-12 IEP 14-16 velocidade máxima de movimento		<i>Taxa de desenvolvimento de torque:</i> Extensão de joelho: 11% Extensão de quadril: 10% Flexão plantar: 27% <i>Rikli &amp; Jones (1999)</i> Sentar e alcançar: -411,18% Tempo sentar/caminhar 2,44 m e voltar a sentar: -7,58% Caminhar 6 min: 4,21%
Takeshima et al. (2002)	15 mulheres idosas - grupo treinamento 15 mulheres idosas - grupo controle	Exercícios aeróbicos Intensidade – FC no limiar anaeróbico Exercícios de força 1x10-15 repetições Intensidade – velocidade máxima	3 vezes na semana- 12 semanas	VO <sub>2</sub> pico: 12% VO <sub>2</sub> limiar anaeróbico: 20% Força extensão joelho: 8,4% Força flexão joelho: 12,7% Força supino sentado: 6,7% Força puxada baixa: 10,8% Força desenvolvimento ombros: 4,3% Força puxada alta: 6% Força extensão lombar: 6,3% Altura do salto vertical: 9,1% Flexibilidade: 10,7% Agilidade: 21,9% Volume de expiração forçada em 1 s: 6,6% Soma das dobras cutâneas: -7,9% Lipoproteína de baixa densidade (LDL): -17% Colesterol total: -11,1%
Tsourlou et al. (2006)	12 mulheres idosas - grupo de treinamento aquático 10 mulheres idosas - grupo controle	Treinamento aeróbico 65% FC <sub>máx</sub> 70% FC <sub>máx</sub> 75% FC <sub>máx</sub> 80% FC <sub>máx</sub> Intensidade - %FC <sub>máx</sub> Treinamento de força 2-3x12-15 repetições Intensidade – Aumento da cadência musical	3 vezes na semana- 24 semanas	<i>Pico de torque isométrico</i> Extensores joelho: 10,5% Flexores joelho: 13,4% Força de preensão manual: 13% <i>3RM</i> Extensão joelhos: 29,4% <i>Leg press</i> : 29,5% Supino: 25,7% Altura <i>squat jump</i> : 24,6% Teste de sentar e alcançar: 11,6% Teste de agilidade: -19,8%
Tormen (2007)	29 mulheres pré-menopáusicas - grupo treinamento e após	Treinamento de força Extensores de joelho e flexores e	2 vezes na semana- 20	<i>Avaliação1 (pré) x Avaliação2 (pós)</i> Grupo treinamento e após destreinamento

	<p>destreinamento 6 mulheres pré-menopáusicas - grupo que realizou o treinamento e após aulas de hidroginástica não-periodizadas</p>	<p>extensores horizontais de ombros 2x30 s 3x20 s 4x15 s 2x310 s Intensidade – velocidade máxima Treinamento aeróbico 21 min 18 min 14 min 3 min Intensidade - 70-80% FC<sub>máx</sub></p>	<p>semanas</p>	<p>Colesterol Total: -17,51% HDL-Colesterol: -9,89% LDL-Colesterol: -21,56% Triglicerídeos: -22,96% Razão LDL-HDL: -13,57% Risco Colesterol Total-HDL: -9,67% <i>IRM</i> Extensores de joelho: 85,26% Extensores horizontais de ombro: 53,89% Flexores horizontais de ombro: 61,68% Tempo de exaustão: 16,65% Hidroxi prolina: 18,20% Grupo treinamento e após aulas hidroginástica não-periodizadas Colesterol Total: -21,39% HDL-Colesterol: -9,38% LDL-Colesterol: -25,34% Triglicerídeos: -20,43% Razão LDL-HDL: -16,88% Risco Colesterol Total-HDL: -13,16% <i>IRM:</i> Extensores de joelho: 78,67% Extensores horizontais de ombro: 47,68% Flexores horizontais de ombro: 51,86% Tempo de exaustão: 18,40% Hidroxi prolina: 5,80%</p>
--	--	--	----------------	--

### 2.3 Efeitos da ordem do treinamento concorrente

Em relação ao estudo da influência da ordem do treinamento concorrente em uma única sessão sobre diferentes variáveis cardiorrespiratórias e neuromusculares, pode-se afirmar que a literatura é extremamente escassa. Além disso, no ambiente aquático não foi encontrado nenhum estudo na literatura pesquisada sobre esse tópico, portanto serão apresentados os estudos realizados com treinamento concorrente no meio terrestre.

Chtara et al. (2005) investigaram os efeitos do treinamento concorrente de força e aeróbico e também analisaram se a ordem do treinamento dentro de uma mesma sessão produziu diferentes mudanças sobre o desempenho cardiorrespiratório. Para tanto, 48 homens jovens ( $21,4 \pm 1,3$  anos) foram divididos em cinco grupos: treinamento de corrida aeróbica (n=10), treinamento de força em circuito (n=9), treinamento concorrente com a ordem força e aeróbico (n=10), treinamento concorrente com a ordem aeróbico e força (n=10) e grupo controle (n=9). Todos os grupos experimentais realizaram o treinamento durante 12 semanas, com duas sessões semanais e foram avaliados no início e ao final do treinamento através dos seguintes testes: teste de corrida de 4 km, teste incremental em campo para medir a máxima velocidade aeróbica ( $vVO_{2máx}$ ), teste de exaustão na  $vVO_{2máx}$  e teste incremental em cicloergômetro, no laboratório, para determinar o  $VO_{2máx}$  e  $FC_{máx}$ . O treinamento aeróbico foi realizado de forma intervalada, com tiros em uma pista de 200 m na  $vVO_{2máx}$  e a recuperação do mesmo foi realizada em 60%  $vVO_{2máx}$ . O treinamento de força compreendia quatro períodos de três semanas e enfatizou primeiramente a força resistente (semanas 1-6) e após a força explosiva (semanas 7-12). A sessão dos exercícios de força tinha a duração de 30 min e era composta por seis exercícios. Os

resultados mostraram que o grupo que realizou o treinamento concorrente com a ordem aeróbico seguido de força apresentou incrementos significativamente maiores em relação aos demais grupos experimentais no teste de corrida de 4 km (aeróbico-força: 9%, aeróbico: 6%, força-aeróbico: 5%, força: 2%) para a  $vVO_{2máx}$  (aeróbico-força: 10%, aeróbico: 8%, força-aeróbico: 8%, força: 2%) e para o  $VO_{2máx}$  (aeróbico-força: 14%, aeróbico: 10%, força-aeróbico: 11%, força: 5%). Dessa forma, os autores concluem que o treinamento aeróbico realizado antes do treinamento de força apresenta melhorias mais significativas no desempenho cardiorrespiratório do que a ordem inversa, ou seja, força seguido de aeróbico.

Analisando apenas as variáveis neuromusculares, Chtara et al. (2008) investigaram os efeitos da ordem do treinamento concorrente de força e aeróbico intervalado de alta-intensidade sobre as variáveis de força muscular máxima, força resistente e potência anaeróbica de homens jovens estudantes de educação física ( $21,4 \pm 1,3$  anos). O treinamento foi realizado durante 12 semanas, com uma frequência semanal de duas vezes. O treinamento aeróbico, assim como no estudo supracitado, foi realizado de forma intervalada através da execução de cinco tiros na velocidade máxima do  $VO_{2máx}$ . A duração dos tiros e da recuperação entre os mesmos foi prescrita de forma individualizada com base na metade do tempo de exaustão de cada sujeito, o qual foi previamente determinado em um teste progressivo. O treino de força também foi dividido em quatro períodos, sendo que o primeiro e o segundo a ênfase foi na força resistente e o terceiro e quarto a mesma foi na força explosiva e potência. A única diferença entre os grupos que treinaram de forma concorrente foi a ordem da execução do treinamento em uma única sessão: aeróbico antes do força ou força antes do aeróbico. Os resultados mostraram que a ordem no treinamento não influenciou nenhuma das variáveis analisadas, ou seja, os ganhos na força máxima (1RM meio

agachamento) (aeróbico-força: 11% vs. força-aeróbico: 12%), força resistente (repetições máximas extensão quadril) (aeróbico-força: 38% vs. força-aeróbico: 43%) e potência anaeróbica (pico de altura no *countermovement jump*) (aeróbico força: 3% vs. força-aeróbico: 3%) foram similares entre os grupos. Dessa forma, os autores sugerem que não existe vantagem em executar treinamento de força antes do treino aeróbio ou vice-versa, quando ambos são realizados em uma única sessão.

Gravelle & Blessing (2000) compararam as respostas fisiológicas de 19 mulheres ativas realizando 11 semanas (três sessões semanais) de treinamento concorrente ou treinamento de força isoladamente. Para tanto, seis mulheres formaram o grupo força-aeróbico e outras sete mulheres formaram o grupo aeróbico-força. Além disso, um terceiro grupo, o qual realizava apenas um treinamento de força, foi formado por seis mulheres jovens. O treinamento aeróbico foi realizado em remoergômetro durante 45 min em uma intensidade de 70% do  $VO_{2máx}$ . Para o treinamento de força foram utilizadas sempre repetições máximas (RM) durante exercícios para os membros inferiores. Nas semanas 1-2 os indivíduos realizavam duas séries de 10RM, nas semanas 3-4 três séries de 10RM, nas semanas 5-9 quatro séries de 10RM e nas duas últimas semanas (9-11) os mesmos realizavam quatro séries de 6-8RM de cada exercício. Os resultados demonstraram que a força dinâmica máxima, avaliada através do teste de 1RM, no exercício de *leg press* aumentou significativamente em todos os grupos e não apresentou diferenças entre os mesmos (força-aeróbico: 27%, aeróbico-força: 27%, força: 26%). Dessa forma, os autores concluem que a ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente não influenciou as adaptações da força muscular dinâmica máxima.

Analisando homens idosos, Cadore et al. (2012a) investigaram os efeitos da manipulação da ordem dos exercícios de força e aeróbico durante o treinamento

concorrente em meio terrestre. Vinte e seis idosos ( $64,7 \pm 4,1$  anos) foram divididos em dois grupos: força-aeróbico ( $n=13$ ) e aeróbico-força ( $n=13$ ). O treinamento foi realizado durante 12 semanas, com uma frequência de três vezes na semana. O treinamento aeróbico, em cicloergômetro, foi realizado nas primeiras duas semanas durante 20 min em 80% da FC correspondente ao segundo limiar ventilatório ( $FC_{LV2}$ ). Em seguida, na semana 3, os mesmos 20 min foram realizados em 85%  $FC_{LV2}$ . Nas semanas 4-5 foram 25 min em 85%  $FC_{LV2}$ , progredindo para 90%  $FC_{LV2}$  na semana 6 (duração 25 min). Para as semanas 7-8 foi aumentado o tempo para 30 min, mas a intensidade permaneceu em 90%  $FC_{LV2}$ . Nas semanas 9-10 a duração permaneceu em 30 min e a intensidade foi incrementada para 95%  $FC_{LV2}$ . Por fim, nas últimas semanas (11-12) foi realizado um treinamento intervalado com seis estímulos de 4 min em 100%  $FC_{LV2}$ , com um intervalo ativo de 1 min entre os mesmos. O treinamento de força foi composto de nove exercícios realizados sempre com repetições máximas. Nas primeiras duas semanas foram executadas duas séries de 18-20RM de cada exercício. Em seguida, nas semanas 3-4, foram realizadas também duas séries; todavia, compostas de 15-17RM. Nas semanas 5-7, houve uma progressão para duas séries de 12-14RM dos nove exercícios. Por fim, nas últimas semanas foi aumentado o número de séries para três; todavia, nas semanas 8-10 foram realizadas de 8-10RM e nas duas últimas (11-12) executou-se de 6-8RM para cada exercício. Os resultados desse estudo demonstraram que o treinamento concorrente, em ambas as ordens, não gerou modificações significativas nos valores referentes aos limiares ventilatórios (primeiro e segundo). Todavia, apenas o grupo força-aeróbico apresentou um aumento da potência correspondente ao primeiro limiar ventilatório (27%) durante o teste em cicloergômetro após as 12 semanas de treinamento, em comparação ao grupo com a ordem inversa (aeróbico-força). Ambos os grupos aumentaram de maneira semelhante a potência correspondente ao segundo

limiar ventilatório após o período de treinamento (força-aeróbico: 21% vs. aeróbico-força: 22%). O  $VO_{2\text{pico}}$  e a potência máxima atingida durante o teste em cicloergômetro também apresentaram melhoras semelhantes entre os grupos força-aeróbico e aeróbico-força ( $VO_{2\text{pico}}$ : 8% vs. 9%; potência máxima: 20% vs. 24%). A força por unidade de massa muscular dos extensores de joelho aumentou em ambos os grupos após o treinamento; entretanto, o grupo força-aeróbico apresentou um aumento significativamente maior que o grupo aeróbico-força ( $25,7 \pm 12,7\%$  vs.  $15,2 \pm 10,3\%$ , respectivamente). Sendo assim, os autores afirmam que a manipulação da ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente em homens idosos não influenciou as adaptações aeróbicas máximas, porém tal manipulação apresentou influencia na magnitude dos ganhos de qualidade muscular.

Cadore et al. (2012b), com uma abordagem metodológica muito parecida com o estudo supracitado, analisaram os efeitos da manipulação da ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente apenas sobre adaptações neuromusculares de homens idosos. Foram analisados os mesmos sujeitos do estudo de Cadore et al. (2012a), os quais realizaram o treinamento concorrente idêntico ao descrito anteriormente. Os resultados desse estudo demonstraram que ambos os grupos aumentaram o 1RM dos membros superiores (flexão de cotovelos) (força-aeróbico: 15% vs. aeróbico-força: 11%) e inferiores (extensão de joelhos) (força-aeróbico: 35% vs. aeróbico-força: 22%), porém o aumento dessa variável nos membros inferiores foi maior no grupo força-aeróbico em comparação ao grupo aeróbico-força. A força isométrica dos extensores (força-aeróbico: 8% vs. aeróbico-força: 6%) e flexores de joelho (força-aeróbico: 8% vs. aeróbico-força: 8%), a taxa máxima de produção de força (força-aeróbico: 14% vs. aeróbico-força: 33%) e em 100 ms (força-aeróbico: 26% vs. aeróbico-força: 52%) dos extensores de joelho apresentaram aumentos semelhantes entre os grupos após o

período de treinamento. Além disso, a espessura muscular também aumentou de maneira semelhante entre os grupos para todos os músculos avaliados: vasto lateral (força-aeróbico: 7% vs. aeróbico-força: 7%), reto femoral (força-aeróbico: 3% vs. aeróbico-força: 6%), vasto medial (força-aeróbico: 17% vs. aeróbico-força: 10%), vasto intermédio (força-aeróbico: 9% vs. aeróbico-força: 12%), bíceps braquial (força-aeróbico: 5% vs. aeróbico-força: 3%) e braquial (força-aeróbico: 13% vs. aeróbico-força: 9%). Por fim, observou-se um aumento da atividade EMG máxima dos músculos vasto lateral (força-aeróbico: 17% vs. aeróbico-força: 18%) e reto femoral (força-aeróbico: 22% vs. aeróbico-força: 14%) e também uma melhora da economia neuromuscular, apenas do vasto lateral (força-aeróbico: -17% vs. aeróbico-força: 12%), em ambos os grupos força-aeróbico e aeróbico-força. Todavia, a economia neuromuscular do reto femoral apenas foi melhorada no grupo força-aeróbico (força-aeróbico: -23% vs. aeróbico-força: 1%). Dentro desse contexto, os autores concluem que a execução do treinamento de força antes do treinamento aeróbico resultou em maiores ganhos de força dos membros inferiores, bem como maiores modificações na economia neuromuscular (reto femoral) de homens idosos.

Com base nos estudos descritos nessa revisão de literatura, fica evidente que o treinamento concorrente na modalidade de hidroginástica é um tópico bastante inovador e relevante. Além disso, esse tipo de treinamento parece ser muito eficiente para promoção de saúde de sujeitos idosos (Cadore et al., 2010) e jovens (Silva et al., 2012). Ainda, em relação ao jovens, ressalta-se o fato de poucos estudos investigarem os efeitos de um treinamento, seja o mesmo de força ou concorrente, no ambiente aquático. Por fim, a manipulação da ordem do treinamento concorrente vem sendo apontada como uma possível hipótese que possa ser responsável pela interferência do treinamento

concorrente nas adaptações do sistema musculoesquelético (Leveritt & Abernethy, 1999). Contudo, os estudos envolvendo essa temática são escassos na literatura.

### 3 MÉTODOS

A fim de atender o objetivo geral da presente tese, foram realizados dois estudos, a partir dos seguintes objetivos:

- Determinar e comparar os efeitos da manipulação da ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente na hidroginástica sobre as adaptações neuromusculares e cardiorrespiratórias em mulheres jovens.
- Determinar e comparar os efeitos da manipulação da ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente na hidroginástica sobre as adaptações neuromusculares e cardiorrespiratórias em mulheres pós-menopáusicas.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 ESTUDO I: Efeitos da ordem do treinamento concorrente na hidroginástica sobre as variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias de mulheres jovens

#### RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos da manipulação da ordem dos exercícios de força e aeróbico durante o treinamento concorrente na hidroginástica sobre as variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias de mulheres jovens. Para tanto, 26 mulheres jovens ( $25,12 \pm 2,94$  anos) foram aleatorizadas em dois grupos de treinamento: força-aeróbico (FA) ( $n=13$ ) e aeróbico-força (AF) ( $n=13$ ). Os sujeitos realizaram o treinamento concorrente no meio aquático, duas vezes na semana durante 12 semanas, executando ambos os tipos de exercícios (aeróbico e força) na mesma sessão de treinamento. O treinamento de força foi realizado com séries em máxima velocidade e o treinamento aeróbico foi executado na frequência cardíaca do segundo limiar ventilatório. Todas as variáveis foram avaliadas antes e após o período de treinamento. Para análise dos dados foi utilizado o teste ANOVA para medidas repetidas com fator grupo ( $\alpha=0,05$ ). Os resultados demonstraram que houve um aumento significativo da força muscular dinâmica máxima, avaliada através do teste de 1 repetição máxima (1RM), de todos os grupos musculares analisados (flexão e extensão de cotovelos e joelhos) após o período de treinamento. O grupo FA apresentou maiores ganhos da força muscular dinâmica máxima dos extensores de joelho em comparação ao grupo AF ( $43,58 \pm 14,00\%$  vs.  $27,01 \pm 18,05\%$ , respectivamente). Após o treinamento houve um aumento do pico de torque isométrico (PT) de todos os grupos musculares avaliados (exceção PT extensores de cotovelo), sem diferença entre os grupos FA e AF. Além disso, após o treinamento, houve um aumento significativo da taxa de produção máxima e em diferentes janelamentos (50, 100, 250 ms), durante a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) de extensão de joelho, sem diferença entre os grupos FA e AF. Houve um aumento significativo da amplitude máxima isométrica do sinal eletromiográfico (EMG), após o treinamento, dos músculos bíceps braquial e vasto lateral, sem diferença entre os grupos FA e AF. Além disso, observou-se uma diminuição significativa da amplitude submáxima isométrica do sinal EMG dos músculos bíceps braquial em 40% da CIVM, do vasto lateral em 40 e 80% da CIVM e do reto femoral em 80% da CIVM, sem diferença entre os grupos FA e AF após as 12 semanas de treinamento. Após o treinamento, houve um aumento significativo da espessura muscular do bíceps braquial, braquial, vasto medial e reto femoral, sem diferença entre os grupos FA e AF. O percentual de ganho da espessura muscular do vasto lateral e vasto intermédio diferiu significativamente entre os grupos, com maiores ganhos para o grupo que treinou na ordem FA em comparação a ordem AF (vasto lateral:  $10,00 \pm 7,64\%$  vs.  $5,28 \pm 3,42\%$ , vasto intermédio:  $11,58 \pm 5,36\%$  vs.  $4,40 \pm 3,77\%$ , respectivamente). Para os saltos, após o treinamento, houve um aumento significativo da altura do *countermovement jump*, sem diferença entre os grupos FA e AF. Por fim, após o treinamento, houve um aumento significativo do consumo de oxigênio de pico ( $VO_{2pico}$ ) e referente ao primeiro limiar ventilatório ( $VO_{2LV1}$ ), sem diferença entre os grupos FA e AF. Em suma, a ordem exercícios de força seguidos dos exercícios aeróbicos otimizou os ganhos de força muscular dinâmica máxima dos

extensores de joelho e da espessura muscular dos músculos vasto lateral e vasto intermédio de mulheres jovens, quando comparada com a ordem inversa (aeróbico-força).

**Palavras-chave:** força muscular dinâmica máxima, pico de torque isométrico, atividade neuromuscular, taxa de produção de força, espessura muscular, consumo de oxigênio.

#### 4.1.1 INTRODUÇÃO

Tem sido demonstrado que a hidroginástica pode promover tanto melhorias no sistema cardiorrespiratório quanto no sistema neuromuscular (Takeshima et al., 2002). Exercícios localizados realizados no meio aquático, em máxima velocidade e de forma intervalada, otimizam as adaptações neuromusculares do sistema musculoesquelético (Pöyhönen et al., 2002; Graef et al., 2010). Em contrapartida, exercícios aeróbicos de hidroginástica (movimentos combinados de membros inferiores e superiores), realizados em velocidade submáxima (intensidade submáxima), parecem promover principalmente ganhos cardiorrespiratórios (Taunton et al., 1996; Takeshima et al., 2002). Dentro desse contexto, o treinamento com a modalidade da hidroginástica melhora diversos parâmetros relacionados à saúde física de seus participantes, sejam esses sujeitos saudáveis (Colado et al., 2009a; Souza et al., 2010) ou com alguma restrição no sistema musculoesquelético (Sato et al., 2009) e cardiovascular (Volaklis et al., 2007).

O treinamento de força e o treinamento aeróbico apresentam adaptações específicas nos sistemas cardiovascular e neuromuscular. As principais adaptações advindas do treinamento de força incluem o aumento da força (Cadore et al., 2010) e a hipertrofia muscular (Kraemer et al., 1995), enquanto o consumo de oxigênio máximo ( $VO_{2máx}$ ) permanece praticamente inalterado (Frontera et al., 1990). O treinamento aeróbico provoca adaptações centrais e periféricas, as quais produzem um aumento do

$VO_{2m\acute{a}x}$ , sem aumentos significativos da força e da hipertrofia muscular (Häkkinen et al., 2003a). Dessa forma, a combinação do treinamento de força e aeróbico (treinamento concorrente) tem um papel importante na promoção de saúde, visto que aumenta a capacidade funcional de seus participantes, com melhorias tanto na função neuromuscular quanto cardiorrespiratória (McCarthy et al., 2002; Karavirta et al., 2009; Sillampää et al., 2009b; Cadore et al., 2010; Silva et al., 2012). Muitos estudos têm demonstrado que o treinamento concorrente produz menores magnitudes de ganhos de força quando comparado com os mesmos obtidos em um treinamento de força realizado isoladamente, e esse fenômeno tem sido chamado de “efeito de interferência” (Sale et al., 1990; Kraemer et al., 1995; Bell et al., 1997; Cadore et al., 2010; García-Pallares & Izquierdo, 2011). Entre os fatores que determinam a ocorrência do efeito de interferência estão a intensidade, o volume e a ordem dos exercícios durante a sessão do treinamento concorrente (força-aeróbico ou aeróbico-força).

Recentemente o estudo de Cadore et al. (2012b) observou maiores ganhos de força nos membros inferiores, quando o treinamento de força foi realizado antes do treinamento aeróbico (realizado em cicloergômetro) e comparado com a ordem inversa de treinamento (35% vs. 22%). Todavia, aumentos similares para a atividade EMG dos músculos vasto lateral e reto femoral foram observados entre os grupos força-aeróbico e aeróbico-força, sugerindo que ambos os grupos apresentaram um estímulo ótimo para aumentar a atividade neuromuscular. O mesmo resultado, sem diferença entre a ordem do treinamento concorrente no meio terrestre, foi observado para a variável taxa de produção de força isométrica máxima e nos primeiros 100 ms de extensores de joelho. Além disso, ganhos similares de  $VO_{2m\acute{a}x}$  foram observados após o período de treinamento nos grupos força-aeróbico e aeróbico-força (Cadore et al., 2012a). Todavia, o estudo de Chtara et al. (2005) demonstra que as adaptações relacionadas a capacidade

cardiorrespiratória são mais otimizadas quando o treinamento concorrente em meio terrestre é realizado na ordem aeróbico-força em comparação com a ordem inversa força-aeróbico. Em relação a força potente, avaliada, por exemplo, através da altura do *countermovement jump*, a mesma parece não ser influenciada pela ordem do treinamento concorrente em meio terrestre (Chtara et al., 2008).

No meio aquático, destacam-se poucos estudos que examinaram os efeitos do treinamento concorrente em diferentes variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias (Takeshima et al., 2002; Tsourlou et al., 2006; Tormen, 2007). Nesses estudos, os exercícios aquáticos foram realizados em apenas uma ordem, ou seja, exercícios de força seguidos dos exercícios aeróbicos no estudo de Tormen (2007) e exercícios aeróbicos seguidos de exercícios de força nos estudos de Takeshima et al. (2002) e Tsourlou et al. (2006). Todavia, não foi observado, na literatura pesquisada, nenhum estudo investigando os efeitos da manipulação da ordem dos exercícios, durante o treinamento concorrente no meio aquático, sobre os ganhos neuromusculares e cardiorrespiratórios de mulheres jovens. Além disso, com intuito de melhorar o conhecimento relacionado a prescrição de exercícios na hidroginástica, parece bastante interessante e relevante determinar qual é a ordem mais efetiva para promover maiores ganhos neuromusculares e/ou cardiorrespiratórios durante o treinamento concorrente no meio aquático. Dentro desse contexto, o objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos da manipulação da ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente na hidroginástica sobre as adaptações neuromusculares e cardiorrespiratórias em mulheres jovens.

#### 4.1.2 MATERIAIS E MÉTODOS

##### *Amostra*

Participaram desse estudo mulheres jovens voluntárias, as quais não estavam engajadas em nenhum treinamento de força e/ou aeróbico regular e sistemático nos seis meses anteriores ao início da presente investigação. Foram recrutadas da cidade de Porto Alegre, através do envio de e-mail, diversas mulheres jovens, as quais foram aleatoriamente divididas em dois grupos: treinamento concorrente na ordem exercícios de força seguidos de exercícios aeróbicos e treinamento concorrente na ordem exercícios aeróbicos seguidos de exercícios de força. Como critérios de exclusão, essas mulheres não podiam ser fumantes, apresentar histórico de doenças cardiovasculares, endócrinas, metabólicas ou neuromusculares e também não podem utilizar algum tipo de medicamento com influência no sistema cardiorrespiratório e/ou neuromuscular. Além disso, após o período de treinamento seriam excluídas as mulheres que apresentassem duas faltas consecutivas nas sessões de treinamento, bem como as que obtivessem uma frequência de treinamento menor que 80% (19 sessões) ao longo das 12 semanas. Foi solicitado a essas mulheres que não modificassem seus hábitos alimentares durante o período do estudo.

Iniciaram o treinamento 14 indivíduos no grupo força-aeróbico e 15 indivíduos no grupo aeróbico-força. Ao final do treinamento, 13 indivíduos por grupo tiveram avaliações pré e pós teste realizadas e tiveram seus dados incluídos nos resultados. A perda amostral de três indivíduos ocorreu por motivos não relacionados ao treinamento executado. Dessas três mulheres excluídas, uma foi por problemas alérgicos pelo contato com o cloro da piscina e as outras duas por apresentarem duas faltas consecutivas, sem perspectiva de recuperá-las. Todas as jovens assinaram um termo de

consentimento livre e esclarecido (ANEXO A) e o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sob registro 19972.

Com intuito de caracterizar a amostra, foram realizadas medidas de massa e estatura das participantes através de uma balança digital, com resolução de 100 gramas e um estadiômetro manual acoplado a mesma, com resolução de 1 mm (FILIZOLA, São Paulo, Brasil), respectivamente. Após, foram medidas as dobras cutâneas tricipital, subescapular, peitoral, axilar-média, supra-iliaca, abdominal e coxa com um plicômetro (LANGE, Cambridge, UK), com resolução de 1 mm. A partir desses dados foi estimada a densidade corporal através do protocolo de dobras cutâneas proposto por Jackson et al. (1980), e na sequência, a composição corporal foi calculada por meio da fórmula de Siri (1993). As dobras foram medidas em forma de circuito, totalizando no máximo três medidas para cada dobra cutânea e sempre mensuradas pelo mesmo avaliador.

#### *Desenho experimental*

Uma subamostra das mulheres jovens ( $n=11$ ;  $23,4 \pm 2,5$  anos) foi avaliada duas vezes antes do início do treinamento (semanas -4 e 0), com intuito de realizar um período controle das variáveis dependentes do presente estudo. Ambos os grupos (força-aeróbico e aeróbico-força) treinaram durante 12 semanas e cada sujeito foi avaliado antes e após (semanas 0 e 13) o treinamento concorrente na hidroginástica. As medidas pós-treinamento iniciaram 72 h depois da última sessão de hidroginástica, e os sujeitos completaram todas as avaliações dentro de uma semana, com um intervalo de 48 h entre as mesmas. Diferentes testes foram conduzidos em dias distintos, com intuito de evitar a fadiga. Cada avaliação foi sempre realizada pelo mesmo investigador, de maneira cega, nos períodos pré e pós-treinamento.

## *Avaliações*

### *Teste de força muscular dinâmica máxima (1RM)*

A força muscular dinâmica máxima foi avaliada através do teste de uma repetição máxima (1RM) na flexão (barra com pesos livres) e extensão de cotovelos bilateral (World-Esculptor, Porto Alegre, Brazil) e flexão e extensão de joelhos (World-Esculptor, Porto Alegre, Brazil). O valor de 1RM foi considerado a máxima carga possível de se realizar uma repetição na fase concêntrica do movimento. Uma semana antes do dia do teste os sujeitos foram familiarizados em duas sessões distintas com todos os procedimentos da avaliação. No dia do teste, os sujeitos realizaram um aquecimento de 5 min em cicloergômetro, alongamento dos grupos musculares os quais foram posteriormente solicitados e aquecimento específico com os exercícios testados. A carga máxima de cada sujeito foi determinada em no máximo cinco tentativas, com intervalo de 4 min entre as mesmas. O ritmo de cada contração (concêntrica e excêntrica) foi de 2 s e controlado através de um metrônomo (MA-30, KORG, Tokyo, Japan). Os coeficientes de correlação intraclassa (ICC) do teste-reteste da força muscular dinâmica máxima, avaliada através do teste de 1RM, na flexão e extensão de cotovelos e flexão e extensão joelhos podem ser visualizados na tabela 1.

Tabela 1 – Coeficiente de correlação intraclassa (ICC) da força muscular dinâmica máxima.

	ICC	p
1RM FLEC (kg)	0,88	<0,001
1RM EXC (kg)	0,69	<0,001
1RM FLEJ (kg)	0,75	<0,001
1RM EXJ (kg)	0,77	<0,001

1RM FLEC, 1RM EXC, 1RM FLEJ, 1RM EXJ: uma repetição máxima dos flexores do cotovelo, extensores do cotovelo, flexores de joelho e extensores de joelho.

### *Pico de torque isométrico*

O pico de torque máximo (PT) isométrico foi coletado em um dinamômetro (Biodex, New York, USA). Antes da sessão de teste, os sujeitos foram cuidadosamente familiarizados com todos os procedimentos dos testes. Para os testes de flexão e extensão de cotovelo os sujeitos foram posicionados sentados em um banco *Scott*, com ângulo da articulação de cotovelo em 90°. E, nos testes de flexão e extensão de joelho os sujeitos foram posicionados sentados, com seus quadris e coxas bem estabilizados na cadeira do dinamômetro, e com ângulo de 85° da articulação do quadril (180° representando a extensão total). Em seguida, foi realizado um aquecimento com 10 repetições de flexão e extensão de cotovelo e/ou 10 repetições de flexão e extensão de joelho em uma velocidade angular de 90°s<sup>-1</sup>, executadas em um esforço submáximo. No protocolo isométrico, os sujeitos tinham sua perna e/ou braço direitos posicionados pelos avaliadores em um ângulo de 120° de extensão de joelho e/ou 90° de extensão de cotovelo (180° representando a extensão total). As mulheres foram instruídas a realizarem a máxima força, o mais rápido possível durante as contrações isométricas. Foram realizadas três contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM), com duração de 5 s, para os flexores e extensores de cotovelo e joelho direitos.

Durante todos os testes, os pesquisadores motivaram os sujeitos a produzirem a máxima força possível. As articulações avaliadas (joelho e cotovelo) foram realizadas em ordem contrabalanceada, ou seja, um indivíduo começava a avaliação do PT pela articulação do joelho e o seguinte iniciava pela avaliação do PT da articulação do cotovelo, e assim por diante até serem avaliadas todas as mulheres jovens. O dinamômetro estava conectado em um conversor A/D (Dataq Instruments Inc., Akron, OH, USA), o qual possibilitava a quantificação do torque produzido por cada sujeito. O sinal de torque foi tratado com filtro *Butterworth* passa-baixa de 5ª ordem, com

frequência de corte de 9 Hz. O PT isométrico foi considerado o maior valor de torque (N.m) registrado durante as contrações isométricas unilaterais de flexão e extensão de cotovelo e joelho. Além disso, a taxa máxima de produção de força ( $N.m.s^{-1}$ ) foi analisada nas curvas de contração isométrica de extensão de joelho e também nos primeiros 50, 100 e 250 ms da curva torque versus tempo. Para tanto, foi criada uma rotina específica no software Labview (versão 8.5) em que foi determinada a máxima variação do torque na fase ascendente da curva torque vs. tempo (taxa máxima) e também a variação de torque nos primeiros 50, 100 e 250 ms da curva torque vs. tempo (taxa em diferentes janelamentos). O ponto considerado o início da fase ascendente da curva torque vs. tempo foi o ponto em que o torque produzido pelos sujeitos ultrapassou os valores de aproximadamente 2,5 desvios padrão da média obtida nos sinais de torque durante o repouso. Os valores de ICC do teste-reteste do PT isométrico, avaliado no dinamômetro isocinético, na flexão e extensão de cotovelo e flexão e extensão joelho podem ser visualizados na tabela 2.

Tabela 2 - Coeficiente de correlação intraclasse (ICC) do pico de torque isométrico.

	ICC	p
PT FLEC (N.m)	0,90	<0,001
PT EXC (N.m)	0,97	<0,001
PT FLEJ (N.m)	0,93	<0,001
PT EXJ (N.m)	0,96	<0,001

PT FLEC, PT EXC, PT FLEJ, PT EXJ: pico de torque isométrico dos flexores do cotovelo, extensores do cotovelo, flexores de joelho e extensores de joelho.

#### *Ativação EMG máxima e economia neuromuscular*

Concomitantemente com a aquisição do torque máximo isométrico, a atividade EMG máxima dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial, vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e semitendinoso do braço e coxa direitos foi coletada através da EMG de

superfície. Além disso, a ativação submáxima do sinal EMG (economia neuromuscular) dos músculos reto femoral, vasto lateral e bíceps braquial foi mensurada durante contrações isométricas para extensão de joelho e flexão de cotovelo, nos percentuais de 40 e 80% da contração isométrica voluntária máxima (duração em cada percentual de no máximo 10 s). Esses percentuais foram calculados com base no maior valor de torque obtido no protocolo isométrico descrito anteriormente para extensão de joelho e flexão de cotovelo. É importante salientar que na semana 13 a medida da economia neuromuscular foi realizada com o mesmo valor absoluto de torque encontrado no período pré-treinamento (semana 0).

Os eletrodos de superfície (modelo 242, HAL), foram posicionados em configuração bipolar (20 mm distância inter eletrodos), longitudinalmente à direção das fibras musculares, no ventre dos músculos citados anteriormente, de acordo com as recomendações do projeto de SENIAM (Hermens et al., 1999). Foi executada uma depilação na pele dos indivíduos, abrasão e limpeza da mesma com algodão e álcool nas superfícies musculares de interesse para manter a resistência inter eletrodo baixa ( $<3$  k $\Omega$ ). Para garantir o mesmo posicionamento dos eletrodos nos testes subsequentes, a coxa e o braço direitos foram mapeados em lâminas transparentes com o desenho do posicionamento dos eletrodos referentes a pontos anatômicos e sinais na pele (Narici et al., 1989). O eletrodo referência foi posicionado na tuberosidade da tíbia e na clavícula para registrar o sinal EMG dos músculos extensores e flexores de joelho e cotovelo, respectivamente. O sinal EMG bruto foi coletado através de um eletromiógrafo de oito canais (AMT-8, Bortec Bio-medical Ltd., Canadá). Esse sinal foi convertido através de um conversor A/D DI-720, com 16 bits de resolução, conectado a um computador (Dataq Instruments Inc, Akron, OH, USA) e com uma frequência de amostragem de 2000 Hz por canal. Após a aquisição do sinal os dados foram exportados para análise no

*software* SAD32. Nesse *software*, foi realizada a filtragem digital do sinal EMG, através dos filtros do tipo passa-banda *Butterworth*, de 5ª ordem, com frequências de corte entre 20 e 500 Hz. As curvas do sinal EMG, correspondentes às contrações isométricas voluntárias máximas (tempo de 5 s), foram recortadas em 1 s estável da curva do torque muscular isométrico máximo, e na sequência foi obtido o valor *root mean square* (RMS) do trecho selecionado. Durante a medida da economia neuromuscular (40 e 80% CIVM) o sinal EMG foi recortado durante 2 s do torque muscular isométrico e posteriormente obtido o valor *root mean square* (RMS). Os valores de ICC do teste-reteste da atividade EMG isométrica máxima, avaliada através da técnica de EMG de superfície, dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial, vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e semitendinoso podem ser visualizados na tabela 3.

Tabela 3 - Coeficiente de correlação intraclassa (ICC) da atividade eletromiográfica isométrica máxima.

	ICC	p
EMG BB (V)	0,81	0,002
EMG TB (V)	0,92	<0,001
EMG BF (V)	0,60	0,003
EMG ST (V)	0,56	0,007
EMG VL (V)	0,59	<0,001
EMG RF (V)	0,86	<0,001

EMG BB, EMG TB, EMG BF, EMG ST, EMG VL, EMG RF: atividade eletromiográfica isométrica máxima dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial, bíceps femoral, semitendinoso, vasto lateral e reto femoral.

### *Espessura muscular*

A espessura muscular foi obtida através de um equipamento de ultrassonografia (Philips, VMI, MG, Brasil), com imagem de avaliação em B-modo. Um transdutor (38 mm) com 7,5 MHz, foi posicionado sobre o músculo avaliado de modo perpendicular, e para a aquisição da imagem, foi utilizado um gel a base de água que promove um

aumento do contato acústico sem a necessidade de causar pressão sobre a pele. As imagens foram digitalizadas e posteriormente analisadas no *software* Image-J (National Institutes of Health, USA, version 1.37). Em cada imagem obtida por ultrassonografia, foi identificada a interface entre o tecido adiposo subcutâneo e o tecido ósseo e a interface entre o tecido musculoesquelético e tecido ósseo, sendo a espessura muscular (EM) definida como a distância entre o tecido adiposo subcutâneo e o tecido ósseo (Abe et al., 2000). As imagens de EM foram obtidas nos músculos direitos dos membros superiores bíceps braquial e braquial, e o local da medida foi em 40% da distância entre o epicôndilo lateral do úmero ao processo acromial da escápula, partindo do epicôndilo (Fukunaga et al., 2001; Miyatami et al. 2002). Nos membros inferiores as imagens de EM foram obtidas nos músculos vasto lateral, vasto medial, vasto intermédio e reto femoral direitos. A medida do vasto lateral foi realizada no ponto médio entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur (Kumagai et al., 2000; Miyatami et al. 2002), enquanto que a medida do vasto medial foi obtida em 30% (1/3) da distância entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur (Korhonen et al., 2009). Além disso, a medida no vasto intermédio e reto femoral foi realizada em 60% (2/3) da distância entre o trocânter maior do fêmur e o epicôndilo lateral do fêmur e 3 cm lateral a partir da linha média do membro (Chilibeck et al., 2004). Para garantir o mesmo posicionamento do transdutor em todos os testes, o braço e perna direito de cada sujeito foi mapeado com o desenho das referências de pontos anatômicos e possíveis marcas na pele, para facilitar as medidas subsequentes (Narici et al., 1989). Após realizarem um repouso de 15 min deitados, os sujeitos foram avaliados na posição de decúbito dorsal. Essa avaliação da EM sempre foi realizada com 72 h prévias sem a realização de atividade física intensa. O avaliador executou três medidas para cada ponto e sempre o menor valor de EM foi considerado para análise. Os valores de ICC do teste-reteste da

EM, avaliada através da técnica de ultrasonografia, do bíceps braquial, braquial, vasto lateral, vasto medial, vasto intermédio e reto femoral podem ser visualizados na tabela 4.

Tabela 4 - Coeficiente de correlação intraclassa (ICC) da espessura muscular.

	ICC	p
EM BB (mm)	0,86	0,002
EM BR (mm)	0,84	<0,001
EM VL (mm)	0,95	<0,001
EM VM (mm)	0,89	<0,001
EM VI (mm)	0,91	<0,001
EM RF (mm)	0,75	<0,001

EM BB, EM BR, EM VL, EM VM, EM VI, EM RF: espessura muscular do bíceps braquial, braquial, vasto lateral, vasto medial, vasto intermédio e reto femoral.

#### *Consumo de oxigênio de pico e nos limiares ventilatórios*

Os sujeitos realizaram o protocolo de Bruce para determinar o consumo de oxigênio de pico ( $VO_{2\text{pico}}$ ), no primeiro limiar ventilatório ( $VO_{2LV1}$ ) e no segundo limiar ventilatório ( $VO_{2LV2}$ ). Cada estágio do protocolo foi composto de 3 min, com uma velocidade inicial de 1,7 milhas por hora (mph) e inclinação de 10%. Em cada estágio do teste a velocidade foi aumentada em 0,7-0,8 mph e a inclinação em 2%. O teste foi interrompido quando o sujeito indicava sua exaustão através de um sinal manual. Os gases respiratórios foram coletados através de um ergoespirômetro (CPX/D, Medical Graphics Corporation, St, Paul, MN, USA), com as medidas coletadas a cada respiração. O valor máximo de  $VO_2$  ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) obtido perto da exaustão foi considerado o  $VO_{2\text{pico}}$ . O primeiro limiar ventilatório (LV1) e o segundo limiar ventilatório (LV2) foram determinados pela curva de ventilação versus intensidade, e confirmados através dos equivalentes ventilatórios de  $O_2$  ( $V_E/VO_2$ ) e de  $CO_2$  ( $V_E/VCO_2$ ), respectivamente (Davis, 1985; Wasserman et al., 1973). Dois fisiologistas

experientes e independentes detectaram por inspeção visual os limiares. Caso eles não concordassem na determinação dos pontos, a opinião de um terceiro fisiologista era solicitada (Hug et al., 2004). Os valores de  $VO_2$  correspondentes ao LV1 e ao LV2 também foram expressos como percentuais do  $VO_{2pico}$ . O teste foi considerado válido quando dois dos seguintes critérios fossem alcançados: atingir a frequência cardíaca máxima estimada pela idade ( $220 - idade$ ), obter um valor de taxa de troca respiratória (RER) maior que 1,15 e apresentar taxa respiratória máxima maior do que 35 respirações por minuto (Howley et al., 1995). Os valores de ICC do teste-reteste do  $VO_{2pico}$ ,  $VO_{2LV1}$  e  $VO_{2LV2}$ , podem ser visualizados na tabela 5.

Tabela 5 - Coeficiente de correlação intraclassa (ICC) do consumo de oxigênio.

	ICC	p
$VO_{2pico}$ (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	0,87	<0,001
$VO_{2LV1}$ (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	0,69	0,001
$VO_{2LV2}$ (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	0,74	<0,001

$VO_{2pico}$ ,  $VO_{2LV1}$ ,  $VO_{2LV2}$ , consumo de oxigênio de pico, consumo de oxigênio correspondente ao primeiro limiar ventilatório e consumo de oxigênio correspondente ao segundo limiar ventilatório.

### *Saltos*

O protocolo de saltos foi realizado em uma plataforma de força (OR6-WP, AMTI, Watertown, USA) e cada sujeito realizou um aquecimento específico, fora da plataforma, com o *squat jump* e/ou *countermovement jump*. Na sequência, os indivíduos realizaram de três a cinco repetições do *squat jump* e/ou *countermovement jump*, os quais foram previamente randomizados. No *squat jump* os indivíduos iniciaram o movimento com os joelhos a 90° de flexão (180° representa extensão completa) e no *countermovement jump* os mesmos iniciaram o teste na posição ortostática, descendo aproximadamente até 90° de flexão de joelhos e saltaram o mais alto e rápido possível.

Para a análise dos saltos, os sinais da plataforma foram transmitidos para um computador pessoal através do *software* AMTIforce, convertidos através do *software* MATLAB (versão 5.3) e, posteriormente, analisados no *software* SAD32. Primeiramente as curvas correspondentes aos saltos foram filtradas por meio de um filtro do tipo passa-baixa *Butterworth* de 3ª ordem, com frequência de corte de 30 Hz. Após, foi utilizada a ferramenta "acha picos" para determinar o primeiro e o último ponto em que os pés do sujeito não estavam em contato com a plataforma durante o salto. O intervalo de tempo transcorrido entre tais pontos foi calculado e representou o tempo de voo. A altura de salto (H) foi calculada através do tempo de voo com a fórmula proposta por Asmussen & Bonde-Petersen (1974), em que  $H=(\text{tempo de voo})^2*1,226$ ; e o valor mais alto de cada tipo de salto foi utilizado para posterior análise estatística. Os sujeitos foram instruídos a saltar com as mãos apoiadas no quadril, com intuito de reduzir a contribuição dos membros superiores no desempenho do mesmo. Os valores de ICC do teste-reteste da altura do *squat jump* e *countermovement jump* podem ser visualizados na tabela 6.

Tabela 6 - Coeficiente de correlação intraclassa (ICC) da altura dos saltos.

	ICC	p
SJ (cm)	0,81	<0,001
CMJ (cm)	0,82	0,001

SJ, CMJ: altura do *squat jump* e *countermovement jump*.

### *Treinamento concorrente na hidrogenástica*

Os sujeitos do presente estudo realizavam duas vezes na semana (dias não consecutivos) tanto o treinamento de força quanto o treinamento aeróbico em uma mesma sessão. Os grupos foram diferenciados pela ordem de execução dos exercícios durante o treinamento concorrente na hidrogenástica. Um grupo realizava os exercícios

de força antes dos exercícios aeróbicos (FA) e o outro grupo realizava os exercícios aeróbicos antes dos exercícios de força (AF). Antes de iniciar o treinamento concorrente, os sujeitos realizaram duas sessões de familiarização no meio aquático com os exercícios que foram utilizados no período da intervenção e também executaram apenas os exercícios de força na percepção de máximo esforço. Realizando uma analogia com o tipo de prescrição no meio terrestre através da execução sempre de repetições máximas durante todo o treinamento, os exercícios enfatizando ganhos de força no meio aquático também sempre são realizados em máxima velocidade e conseqüentemente máximo esforço; todavia, as séries são realizadas dentro de um determinado tempo. Além disso, o intervalo entre as séries sempre é composto do tempo necessário para que cada grupo muscular tenha um descanso de 2 min, visto que esse tempo parece ser suficiente para recuperar a rota metabólica ATP-CP a qual está sendo prioritariamente trabalhada nesse tipo de treinamento (Gastin, 2001). A progressão do treinamento de força no meio aquático foi realizada através da modificação do número e duração de séries de cada exercício, garantindo assim que o volume para cada grupo muscular fosse mantido ao longo das 12 semanas de treinamento (1 min por grupo muscular). É importante ressaltar que a duração das séries foi diminuída ao longo do treinamento, com intuito de aumentar a carga durante os exercícios de força, visto que é possível o sujeito alcançar maiores velocidades de movimento em estímulos com durações menores. A periodização completa do treinamento de força no meio aquático pode ser visualizada no quadro 3.

Quadro 3 - Periodização do treinamento de força no meio aquático.

Semana	Série	Blocos de exercícios	Duração	Volume total	Intensidade	Intervalo entre séries	Intervalo entre blocos
1 2 3 4	3	Bloco 1: *Flexão/extensão de cotovelos *Flexão/extensão de quadril – perna direita	20 s 20 s	13 min 20 s	Máximo esforço	1 min 20 s	1 min
		*Flexão/extensão de quadril – perna esquerda	20 s				
	3	Bloco 2: *Flexão/extensão de ombros *Flexão/extensão de joelho – perna direita	20 s 20 s				
		*Flexão/extensão de joelho – perna esquerda	20 s				
5 6 7 8	4	Bloco 1: * Flexão/extensão de cotovelos *Flexão/extensão de quadril – perna direita	15 s 15 s	16 min 50 s	Máximo esforço	1 min 30 s	1 min
		*Flexão/extensão de quadril – perna esquerda	15 s				
	4	Bloco 2: *Flexão/extensão de ombros *Flexão/extensão de joelho – perna direita	15 s 15 s				
		*Flexão/extensão de joelho – perna esquerda	15 s				
9 10 11 12	2x3	Bloco 1: * Flexão/extensão de cotovelos *Flexão/extensão de quadril – perna direita	10 s 10 s	28 min 20 s	Máximo esforço	1 min 40 s	1 min
		*Flexão/extensão de quadril – perna esquerda	10 s				
	2x3	Bloco 2: *Flexão/extensão de ombros *Flexão/extensão de joelho – perna direita	10 s 10 s				
		*Flexão/extensão de joelho – perna esquerda	10 s				

Nota: Os 2 min de descanso por grupo muscular começam a ser contabilizados na troca de exercício.

O treinamento de força foi separado em dois blocos de exercícios, e cada bloco era composto de um exercício para os membros superiores e um exercício para os membros inferiores. Todos os exercícios sempre foram realizados partindo da posição anatômica. O bloco 1 era composto da flexão e extensão de cotovelos

(simultaneamente) e flexão e extensão de quadril direito ou esquerdo (separadamente) (Figura 1). Já o bloco 2, era composto da flexão e extensão de ombros (simultaneamente) e flexão e extensão de joelho direito e esquerdo, partindo da flexão de quadril de 90° (separadamente) (Figura 2). Nas semanas 1-4 os sujeitos realizaram 3 séries de 20 s de cada bloco na seguinte sequência: 20 s do exercício de membros superiores, 5 s para troca de exercício, 20 s do exercício de membros inferiores com a perna direita, 5 s para troca de exercício e 20 s do exercício de membros inferiores com a perna esquerda. Essa sequência foi repetida três vezes, com um intervalo ativo de baixa intensidade, de 1 min 20 s, entre cada série. O treino foi dividido em dois blocos diferentes (1 e 2) e a sequência dos blocos e intervalos foi a seguinte: três vezes bloco 1 (6 min 10 s), intervalo ativo entre blocos (1 min) e três vezes bloco 2 (6 min 10 s). Nas semanas 5-8 os sujeitos realizaram 4 séries de 15 s de cada bloco, com um intervalo ativo de baixa intensidade, de 1 min 30 s, entre cada série. A sequência dos blocos e intervalos foi a seguinte: quatro vezes bloco 1 (7 min 55 s), intervalo ativo entre blocos (1 min) e quatro vezes bloco 2 (7 min 55 s). Nas semanas 9-12 os sujeitos realizaram 6 séries de 10 s de cada bloco, com um intervalo ativo de baixa intensidade, de 1 min 40 s, entre cada série. A sequência dos blocos e intervalos foi a seguinte: três vezes bloco 1 (5 min 20 s), intervalo ativo entre blocos (1 min), três vezes bloco 2 (5 min 20 s), intervalo ativo maior (5 min), três vezes bloco 1 (5 min 20 s), intervalo ativo entre blocos (1 min) e três vezes bloco 2 (5 min 20 s). As sessões de treinamento de força apresentaram um duração total de 13 min 20 s no primeiro mesociclo, 16 min 50 s no segundo mesociclo e 28 min 20 s no terceiro mesociclo. Durante os exercícios de força, os indivíduos foram instruídos a realizarem cada repetição em máximo esforço e amplitude, com intuito de alcançar a maior velocidade de movimento possível, e

consequentemente, a maior resistência no meio aquático. Os sujeitos foram sempre motivados pelo mesmo instrutor durante a sessão de exercícios de força.

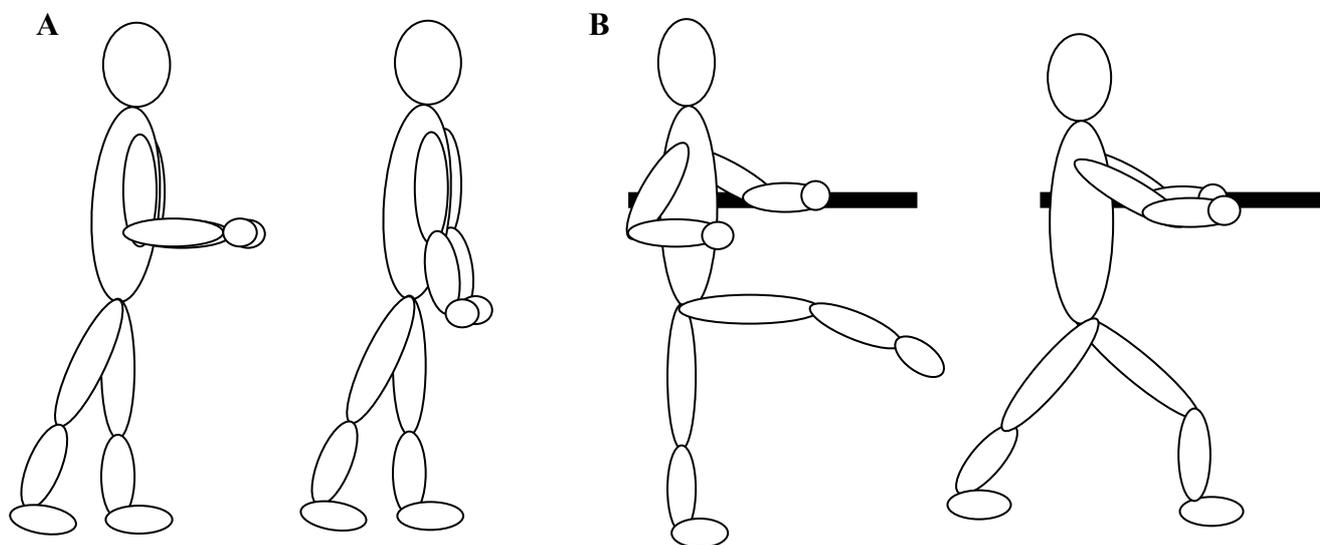


Figura 1 – Bloco 1: (A) Exercícios de flexão e extensão de cotovelos (bilateral) e (B) flexão e extensão de quadril (unilateral).

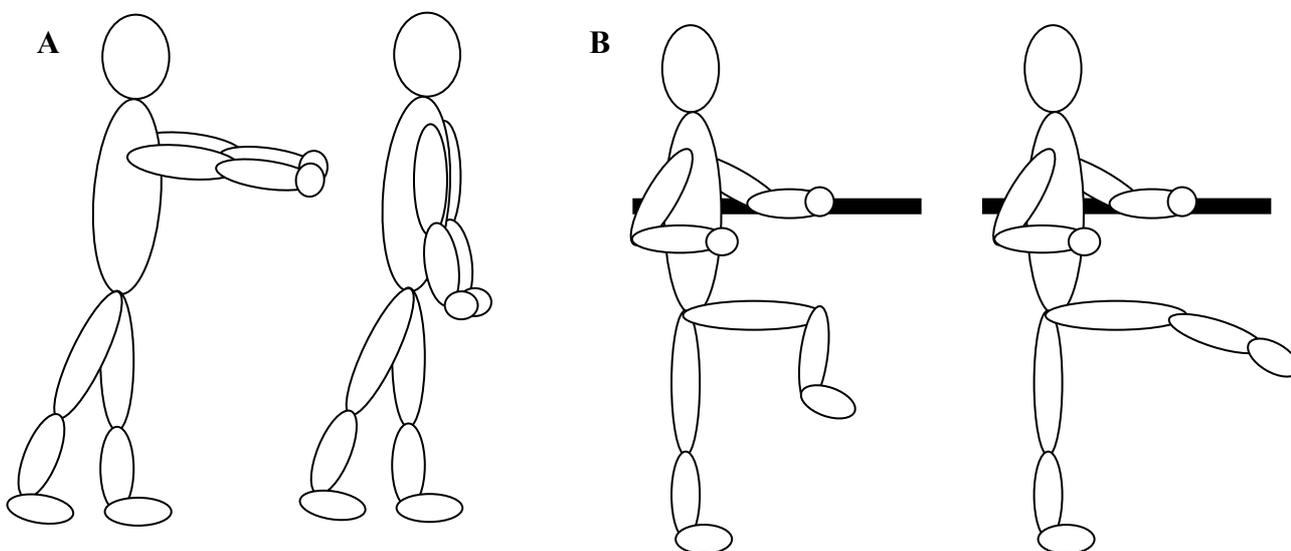


Figura 2 – Bloco 2: (A) Exercícios de flexão e extensão de ombros (bilateral) e (B) flexão e extensão de joelho (unilateral).

O treinamento aeróbico foi realizado com três exercícios de hidroginástica executados na FC correspondente ao LV2 ( $FC_{LV2}$ ). Durante as primeiras quatro semanas os indivíduos realizaram 2 séries de 3 min, sem intervalo entre as mesmas, na seguinte sequência: 3 min de corrida estacionária, 3 min de deslize frontal e 3 min de chute frontal, totalizando 18 min de exercícios aeróbicos. Na semanas 5-8 os sujeitos realizaram 3 séries de 3 min com a mesma sequência descrita acima, totalizando 27 min de exercícios aeróbicos e nas últimas quatro semanas (9-12), os sujeitos realizaram 4 séries de 3 min, totalizando 36 min de exercícios aeróbicos. A periodização completa do treinamento aeróbico no meio aquático pode ser visualizada no quadro 4.

Quadro 4 - Periodização do treinamento aeróbico no meio aquático.

Semana	Série	Exercício	Duração	Volume total	Intensidade
1	2	Corrida estacionária	3 min	18 min	$FC_{LV2}$
2		Deslize frontal	3 min		
3		Chute frontal	3 min		
4					
5	3	Corrida estacionária	3 min	27 min	$FC_{LV2}$
6		Deslize Frontal	3 min		
7		Chute frontal	3 min		
8					
9	4	Corrida estacionária	3 min	36 min	$FC_{LV2}$
10		Deslize frontal	3 min		
11		Chute frontal	3 min		
12					

Os três exercícios aeróbicos utilizados no presente estudo estão detalhadamente descritos no estudo de Alberton et al. (2013a) e podem ser visualizados na figura 3. Durante as sessões do treinamento aeróbico os sujeitos utilizaram frequencímetros codificados (FS1, Polar, Shangai, China), com intuito de controlar a  $FC_{LV2}$ . Dois professores experientes de hidroginástica (um dentro da piscina e outro fora da mesma)

supervisionaram cuidadosamente as sessões de treinamento aeróbico. Durante o período de treinamento a temperatura da água da piscina foi mantida em  $31,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$  e a profundidade de imersão em todos os sujeitos foi fixada entre o processo xifoide e ombros.

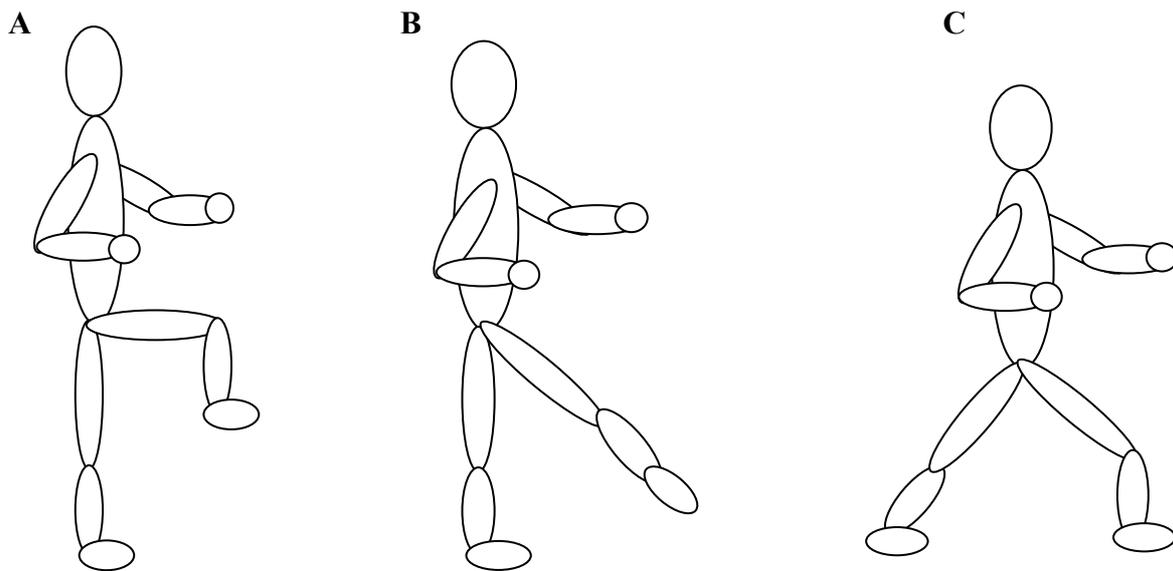


Figura 3 – Exercícios (A) corrida estacionária, (B) chute frontal e (C) deslize frontal.

O LV2, utilizado como parâmetro para prescrição da intensidade do treinamento aeróbico, foi determinado durante um teste máximo progressivo no meio aquático com o exercício de corrida estacionária. Alberton et al. (2013b) demonstraram que não existe diferença significativa na  $FC_{LV2}$  analisada a partir de um protocolo de teste de esforço máximo no meio aquático para os exercícios corrida estacionária, deslize frontal e chute frontal. Dessa forma, o teste máximo com a corrida estacionária foi realizado com uma cadência inicial de 85 bpm durante 3 min, com incrementos de 15 bpm a cada 2 min, até o máximo esforço. As cadências foram gravadas em ordem crescente (85-205 bpm) em um *compact disc* (CD). Os gases respiratórios foram coletados através do analisador de gases portátil do tipo caixa de mistura (VO2000, MedGraphics, Ann Arbor, USA), que

foi previamente calibrado antes de cada sessão de acordo com as especificações do fabricante. A FC foi coletada através de um frequencímetro Polar (FS1, Polar, Shanghai, China). A taxa de amostragem para os dados de FC e de gases respiratórios foi de um ponto a cada 10 s, e foi utilizado o *software Aerograph* para aquisição das medidas. O LV2 foi determinado através da curva de ventilação versus intensidade e confirmado pela curva do equivalente ventilatório de CO<sub>2</sub> (V<sub>E</sub>/VCO<sub>2</sub>) (Wasserman et al., 1973). Dois fisiologistas experientes e independentes detectaram por inspeção visual os limiares. Caso eles não concordassem na determinação dos pontos, a opinião de um terceiro fisiologista era solicitada (Hug et al., 2004). O LV2 utilizado para prescrever a intensidade do treinamento aeróbico correspondeu a  $73,85 \pm 9,61\%$  do VO<sub>2pico</sub>. Além disso, o LV2 foi reavaliado na semana 6, com intuito de reajustar a intensidade de treinamento, e foi observado um percentual do VO<sub>2pico</sub> semelhante ( $p=0,912$ ) ao encontrado na semana 0 ( $73,81 \pm 7,53\%$  do VO<sub>2pico</sub>).

#### *Análise estatística*

Para analisar os dados coletados foi utilizada estatística descritiva através de média e desvio padrão. A normalidade e homogeneidade da amostra foi verificada através do teste de *Shapiro-Wilk* e *Levene*, respectivamente. Para comparar as variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias entre o período controle (semana -4) e o pré-treinamento (semana 0) foi utilizado o teste T Pareado. Além disso, a reprodutibilidade de cada variável dependente entre as semanas -4 e 0 foi testada através do coeficiente de correlação intraclasse. Para comparar as variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias entre os períodos pré e pós-treinamento e também entre a ordem do treinamento concorrente, foi utilizado o teste ANOVA *two-way* para medidas repetidas no fator tempo. Caso os grupos apresentassem diferenças significativas, nas variáveis

analisadas, no período pré-treinamento, realizava-se o teste ANCOVA (valores do período pré como covariante). Quando a interação grupo\*tempo foi significativa, foi utilizado o teste ANOVA *one-way* para comparar os percentuais de ganhos entre os grupos força-aeróbico e aeróbico-força. O índice de significância adotado neste estudo foi de  $\alpha = 0,05$ . Todos os testes estatísticos foram realizados no programa estatístico SPSS vs 20.0. Os poderes estatísticos de todas as variáveis analisadas no presente estudo podem ser visualizados no ANEXO B.

#### 4.1.3 RESULTADOS

##### *Caracterização da amostra e período controle*

Em relação a caracterização da amostra, pode-se afirmar que os grupos eram semelhantes em idade, estatura, massa corporal e percentual de gordura corporal. Não foi observada diferença na frequência de treinamento entre os grupos FA e AF ( $92,3 \pm 7,4$  vs.  $95,1 \pm 5,5\%$ , respectivamente). Na tabela 7 pode-se visualizar as variáveis de caracterização da amostra de ambos os grupos FA e AF.

Tabela 7 – Variáveis de caracterização da amostra dos grupos força-aeróbico e aeróbico-força.

	Força-Aeróbico, n=13		Aeróbico-Força, n=13		p
	Pré		Pré		
	Média	DP	Média	DP	
Idade (anos)	24,84	±2,88	25,38	±3,10	0,650
Estatura (cm)	165,38	±5,32	162,58	±5,57	0,201
Massa corporal (kg)	64,53	±8,13	58,89	±5,35	0,054
% Gordura corporal (%)	30,68	±6,11	31,82	± 4,31	0,587

Durante o período controle (semanas -4 e 0) não foram observadas mudanças na maioria das variáveis dependentes relacionadas a força muscular. Todavia, mudanças discretas foram observadas entre as semanas -4 e 0 no valor de 1RM e pico de torque

isométrico dos extensores de cotovelo e flexores de joelho. As medidas do período controle das variáveis dependentes relacionadas a força muscular podem ser observadas na tabela 8.

Tabela 8 – Valores da força muscular dinâmica máxima, pico de torque isométrico e taxa de produção de força durante o período controle (semanas -4 e 0).

	Jovens n=11				
	Semana -4		Semana 0		p
	Média	DP	Média	DP	
1RM FLEC (kg)	15,09	±3,09	14,09	±2,70	0,058
1RM EXC (kg)	27,18	±4,58	23,91	±3,81	0,021*
1RM FLEJ (kg)	27,82	±4,77	24,91	±6,17	0,030*
1RM EXJ (kg)	58,50	±9,16	52,17	±7,63	0,060
PT FLEC (N.m)	35,59	±7,26	35,15	±6,30	0,665
PT EXC (N.m)	25,00	±5,96	23,24	±5,83	0,003*
PT FLEJ (N.m)	75,59	±15,67	80,88	±15,97	0,015*
PT EXJ (N.m)	166,33	±42,09	161,33	±39,19	0,167
TPF <sub>50ms</sub> EXJ (N.m.s <sup>-1</sup> )	205,32	±88,17	202,03	±66,27	0,922
TPF <sub>100ms</sub> EXJ (N.m.s <sup>-1</sup> )	328,91	±146,14	336,38	±87,92	0,897
TPF <sub>250ms</sub> EXJ (N.m.s <sup>-1</sup> )	341,01	±126,20	366,08	±92,77	0,460
TPF <sub>máx</sub> EXJ (N.m.s <sup>-1</sup> )	393,46	±150,29	390,40	±92,13	0,944

1RM FLEC, 1RM EXC, 1RM FLEJ, 1RM EXJ: uma repetição máxima dos flexores do cotovelo, extensores do cotovelo, flexores de joelho e extensores de joelho; PT FLEC, PT EXC, PT FLEJ, PT EXJ: pico de torque isométrico dos flexores do cotovelo, extensores do cotovelo, flexores de joelho e extensores de joelho; TPF<sub>50ms</sub> EXJ, TPF<sub>100ms</sub> EXJ, TPF<sub>250ms</sub> EXJ, TPF<sub>máx</sub> EXJ: taxa de produção de força isométrica dos extensores de joelho em 50ms, 100ms, 250ms e máxima. \* indica diferença significativa entre as semanas -4 e 0.

Em relação a atividade EMG máxima, pode-se dizer que a maioria dos músculos dos membros superiores e inferiores apresentou o mesmo comportamento entre as semanas -4 e 0, excetuando-se o tríceps braquial e o reto femoral. Para economia neuromuscular também encontrou-se valores semelhantes de atividade EMG submáxima durante o período controle. Entretanto, para a atividade do reto femoral a 40% da CIVM houve diferença entre as semanas -4 e 0. As medidas do período controle da

atividade EMG máxima e submáxima dos diferentes músculos podem ser observadas na tabela 9.

Tabela 9 - Valores da atividade eletromiográfica isométrica máxima e submáxima durante o período controle (semanas -4 e 0).

	Jovens n=11				
	Semana -4		Semana 0		P
	Média	DP	Média	DP	
EMG BB (V)	0,24	±0,09	0,26	±0,10	0,346
EMG TB (V)	0,11	±0,09	0,14	±0,09	0,012*
EMG BF (V)	0,07	±0,03	0,08	±0,02	0,456
EMG ST (V)	0,11	±0,04	0,12	±0,03	0,279
EMG VL (V)	0,09	±0,05	0,11	±0,05	0,214
EMG RF (V)	0,08	±0,04	0,11	±0,06	0,023*
EMG BB 40% (%)	27,82	±6,25	29,55	±6,75	0,534
EMG BB 80% (%)	64,71	±13,04	74,78	±14,45	0,196
EMG VL 40% (%)	33,70	±6,26	32,45	±5,10	0,513
EMG VL 80% (%)	72,82	±10,36	74,44	±9,57	0,654
EMG RF 40% (%)	47,87	±20,87	34,11	±9,73	0,032*
EMG RF 80% (%)	95,20	±31,22	83,73	±18,80	0,269

EMG BB, EMG TB, EMG BF, EMG ST, EMG VL, EMG RF: atividade eletromiográfica isométrica máxima dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial, bíceps femoral, semitendinoso, vasto lateral e reto femoral. EMG BB 40%, EMG BB 80%, EMG VL 40%, EMG VL 80%, EMG RF 40%, EMG RF 80%: atividade eletromiográfica isométrica submáxima em 40 e 80% da contração isométrica voluntária máxima dos músculos bíceps braquial, vasto lateral e reto femoral. \* indica diferença significativa entre as semanas -4 e 0.

Os dados de espessura muscular dos membros superiores e inferiores apresentaram um comportamento semelhante entre as semanas -4 e 0, com exceção da medida do músculo vasto lateral. A altura do *squat jump* apresentou um comportamento semelhante entre as semanas -4 e 0. Todavia, a altura do *countermovement jump* apresentou uma mudança durante o período controle. As medidas do período controle da espessura muscular dos membros superiores e inferiores, assim como a altura do *squat jump* e *countermovement jump* podem ser observadas na tabela 10.

Tabela 10 - Valores da espessura muscular e altura dos saltos durante o período controle (semanas -4 e 0).

	Jovens n=11				
	Semana -4		Semana 0		p
	Média	DP	Média	DP	
EM BB (mm)	16,86	±2,47	16,58	±1,83	0,579
EM BR (mm)	8,18	±3,29	7,58	±2,29	0,253
EM VL (mm)	19,79	±2,99	19,18	±2,87	0,024*
EM VM (mm)	16,54	±3,05	16,41	±3,26	0,679
EM VI (mm)	11,27	±2,51	11,40	±2,66	0,528
EM RF (mm)	16,84	±3,33	16,85	±3,33	0,973
SJ (cm)	14,00	±2,00	14,00	±1,00	0,754
CMJ (cm)	17,00	±3,00	15,00	±2,00	0,016*

EM BB, EM BR, EM VL, EM VM, EM VI, EM RF: espessura muscular do biceps braquial, braquial, vasto lateral, vasto medial, vasto intermédio e reto femoral; SJ, CMJ: altura do *squat jump* e *countermovement jump*. \* indica diferença significativa entre as semanas -4 e 0.

Para as variáveis cardiorrespiratórias não foram observadas mudanças entre as semanas -4 e 0. Esses resultados podem ser observados na tabela 11.

Tabela 11 - Valores de consumo de oxigênio durante o período controle (semanas -4 e 0).

	Jovens n=11				
	Semana -4		Semana 0		p
	Média	DP	Média	DP	
VO <sub>2pico</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	37,14	± 4,26	36,12	± 4,93	0,380
VO <sub>2LV1</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	17,41	±2,24	17,38	±1,77	0,960
VO <sub>2LV2</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	26,52	±2,29	24,98	±3,52	0,067

VO<sub>2pico</sub>, VO<sub>2LV1</sub>, VO<sub>2LV2</sub>, consumo de oxigênio de pico, consumo de oxigênio correspondente ao primeiro limiar ventilatório e consumo de oxigênio correspondente ao segundo limiar ventilatório.

### *Força muscular dinâmica máxima (1RM)*

No pré-treinamento, não foi encontrada diferença significativa entre os grupos tanto para os valores de 1RM dos flexores e extensores de cotovelo, quanto para os valores de 1RM dos flexores e extensores de joelho. Após o treinamento, houve um

aumento significativo da força muscular dinâmica máxima de todos os grupos analisados. Além disso, não houve diferença entre os grupos no período pós-treinamento, com exceção do valor de 1RM de extensores de joelho. Visto que a interação grupo\*tempo foi significativa para esse grupo muscular, os percentuais de ganho de 1RM entre os grupos foram comparados estatisticamente e demonstraram que o grupo FA apresentou maiores ganhos da força muscular dinâmica máxima dos extensores de joelho em comparação ao grupo AF ( $43,58 \pm 14,00\%$  vs.  $27,01 \pm 18,05\%$ , respectivamente,  $p=0,019$ ). Os poderes observados no efeito tempo para os diferentes testes de 1RM foram os seguintes: flexão de cotovelos 99,9%, extensão de cotovelos 99,9%, flexão de joelhos 99,9% e extensão de joelhos 99,9%. Os resultados do teste de 1RM para os diferentes grupos musculares avaliados podem ser visualizados na tabela 12.

Tabela 12 – Valores de média e desvio padrão das variáveis de força muscular dinâmica máxima, pico de torque isométrico e taxa de produção de força antes e após o treinamento concorrente em meio aquático força-aeróbico e aeróbico-força.

	Força-Aeróbico, n=13					Aeróbico-Força, n=13					Grupo	Tempo	Grupo*Tempo
	Pré		Pós		Δ%	Pré		Pós		Δ%			
	Média	DP	Média	DP		Média	DP	Média	DP				
1RM FLEC (kg)	14,77	±1,64	16,69	±1,60	13,44±8,22	14,77	±3,11	16,54	±2,79	13,20±10,14	0,933	<0,001**	0,742
1RM EXC (kg)	25,08	±2,63	30,38	±3,50	21,88±11,70	26,54	±5,85	30,38	±4,59	17,00±17,73	0,664	<0,001**	0,231
1RM FLEJ (kg)	26,92	±5,68	33,85	±5,77	27,14±13,43	26,23	±5,48	31,77	±4,58	23,93±19,05	0,500	<0,001**	0,287
1RM EXJ (kg)	53,23	±11,01	75,61	±12,27	43,58±14,00	54,27	±6,25	68,09	±5,22	27,01±18,05	0,380	<0,001**	0,005***
PT FLEC (N.m)	37,44	±5,15	39,03	±5,15	4,53±7,25	33,60	±4,53	34,50	±4,75	2,88±7,34	0,034*	0,016**	0,485
PT EXC (N.m)	25,45	±4,56	26,02	±3,67	---	20,83	±2,25	21,94	±2,97	---	0,003*	0,126	0,614
PT FLEJ (N.m)	85,18	±13,12	92,43	±11,07	9,02±4,87	76,24	±13,80	83,26	±14,37	9,44±8,19	0,087	<0,001**	0,900
PT EXJ (N.m)	175,56	±29,19	186,42	±27,39	6,62±6,49	165,61	±32,11	181,45	±29,97	10,75±11,50	0,518	<0,001**	0,331
TPF <sub>50ms</sub> EXJ (N.m.s <sup>-1</sup> )	293,97	±186,68	341,19	±205,16	26,12±55,14	262,02	±123,85	379,17	±118,19	67,32±78,50	0,958	0,008**	0,232
TPF <sub>100ms</sub> EXJ (N.m.s <sup>-1</sup> )	473,11	±245,05	529,04	±251,56	19,94±45,28	435,87	±150,63	593,31	±159,02	45,61±47,69	0,854	0,007**	0,171
TPF <sub>250ms</sub> EXJ (N.m.s <sup>-1</sup> )	427,36	±147,83	482,62	±136,47	19,27±27,35	449,58	±86,20	509,63	±97,60	14,97±17,57	0,585	0,001**	0,875
TPF <sub>máx</sub> EXJ (N.m.s <sup>-1</sup> )	517,80	±232,70	583,26	±228,25	19,50±30,81	493,28	±137,64	620,09	±156,50	30,58±31,45	0,931	0,003**	0,296

1RM FLEC, 1RM EXC, 1RM FLEJ, 1RM EXJ: uma repetição máxima dos flexores do cotovelo, extensores do cotovelo, flexores de joelho e extensores de joelho; PT FLEC, PT EXC, PT FLEJ, PT EXJ: pico de torque isométrico dos flexores do cotovelo, extensores do cotovelo, flexores de joelho e extensores de joelho; TPF<sub>50ms</sub> EXJ, TPF<sub>100ms</sub> EXJ, TPF<sub>250ms</sub> EXJ, TPF<sub>máx</sub> EXJ: taxa de produção de força isométrica dos extensores de joelho em 50ms, 100ms, 250ms e máxima. \* indica diferença significativa entre os grupos força-aeróbico e aeróbico-força. \*\* indica diferença significativa entre os períodos pré e pós-treinamento. \*\*\* indica interação significativa entre os efeitos grupo\*tempo.

### *Pico de torque isométrico*

No pré-treinamento, não foi observada diferença significativa entre os grupos para o pico de torque isométrico dos membros inferiores (flexores e extensores de joelho). Todavia, o pico de torque isométrico dos membros superiores (flexores e extensores de cotovelo) diferiu entre os grupos no período pré-treinamento. Os grupos FA e AF foram comparados novamente apenas no período pós-treinamento, para as variáveis pico de torque isométrico de flexores e extensores de cotovelo, utilizando os valores pré-treinamento como covariantes, e os resultados obtidos mostraram que não há diferença entre os grupos após as 12 semanas de treinamento, apesar dos mesmos partirem na semana 0 com valores estatisticamente distintos (PT isométrico flexores de cotovelo, FA:  $37,30 \pm 2,54$  N.m vs. AF:  $36,22 \pm 2,54$  N.m,  $p=0,307$ ; PT isométrico extensores de cotovelo, FA:  $24,55 \pm 2,60$  N.m vs. AF:  $23,53 \pm 2,62$  N.m,  $p=0,378$ ). Após o treinamento houve um aumento do pico de torque isométrico de todos os grupos musculares avaliados (exceção PT extensores de cotovelo), sem diferença entre os grupos FA e AF para os grupos musculares flexores e extensores de joelho. Os poderes observados no efeito tempo para PT isométrico foram os seguintes: flexão de cotovelo 70%, flexão de joelho 99,9% e extensão de joelho 99,9%. Os resultados do PT isométrico para os diferentes grupos musculares avaliados podem ser visualizados na tabela 12.

### *Taxa máxima de produção de força e em 50, 100 e 250 ms*

No período pré-treinamento não houve diferença entre os grupos para a taxa de produção máxima, em 50, 100 e 250 ms. Após o treinamento houve um aumento significativo da taxa de produção máxima e também da mesma nos diferentes janelamentos analisados (50, 100, 250 ms), sem diferença entre os grupos FA e AF. Os

poderes observados no efeito tempo para a taxa de produção de força foram os seguintes: máxima 89%, 50 ms 79%, 100 ms 81% e 250 ms 96%. Os resultados da taxa de produção máxima, em 50, 100 e 250 ms podem ser visualizados na tabela 12.

#### *Amplitude máxima isométrica do sinal EMG*

No período pré-treinamento não houve diferença entre os grupos para amplitude máxima isométrica do sinal EMG dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial, vasto lateral e reto femoral. Para a amplitude máxima isométrica do sinal EMG dos músculos bíceps femoral e semitendinoso, no período pré-treinamento, houve diferença entre os grupos, e, para tais músculos, foi realizado o teste estatístico ANCOVA com os valores antes do treinamento como covariantes. Após o treinamento houve um aumento significativo da amplitude máxima isométrica do sinal EMG dos músculos bíceps braquial e vasto lateral, sem diferença entre os grupos FA e AF. Para a amplitude máxima isométrica do sinal EMG dos músculos tríceps braquial, bíceps femoral e reto femoral não houve incremento significativo após as 12 semanas de treinamento, sem diferença entre os grupos. O teste estatístico comparando os valores pós-treinamento demonstrou não haver diferença entre os grupos FA e AF na amplitude máxima isométrica do sinal EMG do músculo bíceps femoral ( $0,105 \pm 0,29$  v vs.  $0,121 \pm 0,29$  v,  $p=0,207$ ). Todavia, para a amplitude máxima isométrica do sinal EMG do músculo semitendinoso, houve diferença entre os grupos no período pós-treinamento, com maiores valores para o grupo AF comparado com o FA ( $0,119 \pm 0,03$  v vs.  $0,149 \pm 0,03$  v,  $p=0,047$ ). Os poderes observados no efeito tempo para a amplitude máxima isométrica do sinal EMG foram os seguintes: bíceps braquial 68% e vasto lateral 76%. Os resultados da amplitude máxima isométrica do sinal EMG estão na tabela 13.

Tabela 13 - Valores de média e desvio padrão das variáveis de atividade eletromiográfica isométrica máxima e submáxima antes e após o treinamento concorrente em meio aquático força-aeróbico e aeróbico-força.

	Força-Aeróbico, n=13					Aeróbico-Força, n=13					Grupo	Tempo	Grupo*Tempo		
	Pré		Pós		Δ%	Pré		Pós		p				p	p
	Média	DP	Média	DP		Média	DP	Média	DP						
EMG BB (V)	0,23	±0,17	0,26	±0,23	9,05±17,18	0,28	±0,09	0,33	±0,08	25,71±35,29	0,063	0,019**	0,287		
EMG TB (V)	0,09	±0,04	0,09	±0,03	---	0,08	±0,02	0,10	±0,02	---	0,625	0,081	0,071		
EMG BF (V)	0,08	±0,04	0,09	±0,03	---	0,13	±0,10	0,13	±0,07	---	0,059*	0,567	0,795		
EMG ST (V)	0,10	±0,03	0,11	±0,03	---	0,14	±0,06	0,16	±0,04	---	0,007*	0,193	0,906		
EMG VL (V)	0,10	±0,05	0,11	±0,05	25,45±36,90	0,11	±0,05	0,13	±0,07	21,60±44,70	0,451	0,010**	0,665		
EMG RF (V)	0,08	±0,03	0,08	±0,03	---	0,10	±0,05	0,11	±0,04	---	0,098	0,394	0,966		
EMG BB 40% (%)	41,06	±12,30	37,80	±8,43	-3,12±26,78	36,38	±12,17	30,42	±14,79	-16,02±27,51	0,200	0,040**	0,530		
EMG BB 80% (%)	88,35	±15,59	79,56	±16,77	---	84,19	±18,31	76,94	±24,93	---	0,576	0,119	0,878		
EMG VL 40% (%)	35,67	±10,02	27,05	±8,71	-21,06±24,66	35,27	±13,22	27,35	±9,27	-19,56±19,07	0,989	<0,001**	0,841		
EMG VL 80% (%)	80,71	±17,07	68,03	±12,94	-12,75±22,14	90,39	±27,83	70,44	±19,18	-19,78±16,46	0,402	<0,001**	0,289		
EMG RF 40% (%)	37,68	±11,77	31,55	±13,15	---	38,90	±5,56	37,48	±12,53	---	0,369	0,106	0,304		
EMG RF 80% (%)	84,44	±19,21	67,46	±8,82	-16,79±19,74	88,67	±18,43	81,19	±27,26	-6,65±30,97	0,149	0,025**	0,363		

EMG BB, EMG TB, EMG BF, EMG ST, EMG VL, EMG RF: atividade eletromiográfica isométrica máxima dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial, bíceps femoral, semitendinoso, vasto lateral e reto femoral. EMG BB 40%, EMG BB 80%, EMG VL 40%, EMG VL 80%, EMG RF 40%, EMG RF 80%: atividade eletromiográfica isométrica submáxima em 40 e 80% da contração isométrica voluntária máxima dos músculos bíceps braquial, vasto lateral e reto femoral. \* indica diferença significativa entre os grupos força-aeróbico e aeróbico-força. \*\* indica diferença significativa entre os períodos pré e pós-treinamento.

### *Amplitude submáxima isométrica do sinal EMG em 40 e 80% da CIVM*

No período pré-treinamento não houve diferença entre os grupos para amplitude submáxima isométrica do sinal EMG de todos os músculos avaliados tanto em 40 quanto em 80% da CIVM. Após o treinamento houve uma diminuição significativa da amplitude submáxima isométrica do sinal EMG dos músculos bíceps braquial em 40% da CIVM, do vasto lateral em 40 e 80% da CIVM e do reto femoral em 80% da CIVM, sem diferença entre os grupos FA e AF. Para a amplitude submáxima isométrica do sinal EMG dos músculos bíceps braquial em 80% da CIVM e reto femoral em 40% da CIVM não houve diminuição significativa após as 12 semanas de treinamento, sem diferença entre os grupos. Os poderes observados no efeito tempo para a amplitude submáxima isométrica do sinal EMG foram os seguintes: bíceps braquial 40% CIVM 55%, vasto lateral 40% CIVM 99%, vasto lateral 80% CIVM 99% e reto femoral 80% CIVM 63%. Os resultados da amplitude submáxima isométrica do sinal EMG em 40 e 80% da CIVM podem ser visualizados na tabela 13.

### *Espessura muscular*

No período pré-treinamento não houve diferença entre os grupos tanto para espessura de membros superiores quanto de membros inferiores. Após o treinamento, houve um aumento significativo da espessura muscular do bíceps braquial, braquial, vasto medial e reto femoral, sem diferença entre os grupos FA e AF. Houve interação significativa grupo\*tempo para a espessura muscular do vasto lateral e vasto intermédio. O desdobramento dos efeitos principais demonstrou que houve um aumento da espessura muscular de todos os músculos citados acima após as 12 semanas de treinamento. O percentual de ganho da espessura muscular do vasto lateral e vasto intermédio diferiu significativamente entre os grupos, com maiores ganhos para o grupo

que treinou na ordem FA em comparação a ordem AF (vasto lateral:  $10,00 \pm 7,64\%$  vs.  $5,28 \pm 3,42\%$ ,  $p=0,054$ ; vasto intermédio:  $11,58 \pm 5,36\%$  vs.  $4,40 \pm 3,7\%$ ,  $p=0,001$ , respectivamente,  $p<0,001$ ). Os poderes observados no efeito tempo para a espessura muscular foram os seguintes: bíceps braquial 99%, braquial 99%, vasto lateral 99,9%, vasto medial 99,9%, vasto intermédio 99,9% e reto femoral 99,9%. Os resultados da espessura muscular dos membros superiores e inferiores podem ser visualizados na tabela 14.

Tabela 14 - Valores de média e desvio padrão das variáveis da espessura muscular e altura dos saltos antes e após o treinamento concorrente em meio aquático força-aeróbico e aeróbico-força.

	Força-Aeróbico, n=13					Aeróbico-Força, n=13					Grupo	Tempo	Grupo*Tempo		
	Pré		Pós		$\Delta\%$	Pré		Pós		p				p	p
	Média	DP	Média	DP		Média	DP	Média	DP						
EM BB (mm)	17,43	$\pm 2,48$	18,10	$\pm 2,63$	4,01 $\pm 3,97$	17,35	$\pm 2,32$	17,69	$\pm 2,21$	2,09 $\pm 1,66$	0,799	<0,001**	0,127		
EM BR (mm)	7,32	$\pm 1,79$	7,81	$\pm 1,99$	6,41 $\pm 5,76$	7,15	$\pm 1,85$	7,44	$\pm 1,81$	4,58 $\pm 4,97$	0,716	<0,001**	0,248		
EM VL (mm)	19,58	$\pm 3,79$	21,38	$\pm 3,43$	9,98 $\pm 7,64$	19,79	$\pm 3,70$	20,75	$\pm 3,47$	5,28 $\pm 3,42$	0,881	<0,001**	0,030***		
EM VM (mm)	17,91	$\pm 2,89$	19,67	$\pm 2,82$	10,31 $\pm 5,13$	18,24	$\pm 3,91$	19,51	$\pm 3,70$	7,51 $\pm 6,78$	0,951	<0,001**	0,170		
EM VI (mm)	13,15	$\pm 4,13$	14,53	$\pm 4,22$	11,58 $\pm 5,36$	14,57	$\pm 4,23$	15,22	$\pm 4,62$	4,40 $\pm 3,77$	0,538	<0,001**	0,003***		
EM RF (mm)	18,28	$\pm 3,14$	20,35	$\pm 3,76$	11,47 $\pm 7,91$	17,81	$\pm 2,10$	18,91	$\pm 2,32$	6,28 $\pm 5,22$	0,400	<0,001**	0,064		
SJ (cm)	14,00	$\pm 3,00$	14,00	$\pm 4,00$	---	14,00	$\pm 3,00$	15,00	$\pm 2,00$	---	0,495	0,073	0,118		
CMJ (cm)	15,00	$\pm 3,00$	16,00	$\pm 4,00$	5,54 $\pm 11,07$	16,00	$\pm 3,00$	17,00	$\pm 3,00$	6,11 $\pm 13,77$	0,462	0,034**	0,981		

EM BB, EM BR, EM VL, EM VM, EM VI, EM RF: espessura muscular do bíceps braquial, braquial, vasto lateral, vasto medial, vasto intermédio e reto femoral; SJ, CMJ: altura do *squat jump* e *countermovement jump*. \*\* indica diferença significativa entre os períodos pré e pós-treinamento. \*\*\* indica interação significativa entre os efeitos grupo\*tempo.

## *Saltos*

No período pré-treinamento não houve diferença entre os grupos para a altura do *squat jump* e *countermovement jump*. Após o treinamento, houve um aumento significativo da altura do *countermovement jump*, sem diferença entre os grupos FA e AF. Para a altura do *squat jump* não foi observado um incremento significativo após as 12 semanas de treinamento, sem diferença entre os grupos. O poder observado no efeito tempo para a altura do *countermovement jump* foi 58%. Os resultados dos saltos podem ser visualizados na tabela 14.

## *VO<sub>2pico</sub>, VO<sub>2LV1</sub> e VO<sub>2LV2</sub>*

No período pré-treinamento não houve diferença entre os grupos para todas as variáveis analisadas em relação ao consumo de oxigênio. Após o treinamento, houve um aumento significativo do VO<sub>2pico</sub> e VO<sub>2LV1</sub>, sem diferença entre os grupos FA e AF. Para o VO<sub>2LV2</sub>, %VO<sub>2pico</sub> no LV1 e no LV2 não houve incremento significativo após as 12 semanas de treinamento, sem diferença entre os grupos. Os poderes observados no efeito tempo para VO<sub>2pico</sub> foi 99% e para o VO<sub>2LV1</sub> foi 70%. Os resultados do consumo de oxigênio podem ser visualizados na tabela 15.

Tabela 15 - Valores de média e desvio padrão das variáveis de consumo de oxigênio antes e após o treinamento concorrente em meio aquático força-aeróbico e aeróbico-força.

	Força-Aeróbico, n=13					Aeróbico-Força, n=13					Grupo	Tempo	Grupo*Tempo		
	Pré		Pós		Δ%	Pré		Pós		p				p	p
	Média	DP	Média	DP		Média	DP	Média	DP						
VO <sub>2pico</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	33,86	±5,34	35,95	±4,55	6,79±7,40	35,76	±2,54	35,95	±4,55	5,07±4,32	0,271	<0,001**	0,729		
VO <sub>2LV1</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	17,53	±2,20	18,12	±1,93	9,28±10,37	17,40	±1,93	18,67	±2,00	4,11±11,27	0,769	0,016**	0,357		
VO <sub>2LV2</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	25,55	±2,38	26,64	±3,61	---	26,59	±2,30	27,16	±3,77	---	0,445	0,227	0,700		
%VO <sub>2pico</sub> LV1 (%)	52,50	±7,59	50,75	±4,82	---	48,51	±6,41	50,31	±7,03	---	0,361	0,981	0,119		
%VO <sub>2pico</sub> LV2 (%)	76,51	±8,92	74,35	±6,92	---	74,90	±5,72	74,68	±10,95	---	0,822	0,514	0,597		

VO<sub>2pico</sub>, VO<sub>2LV1</sub>, VO<sub>2LV2</sub>, %VO<sub>2pico</sub> LV1, %VO<sub>2pico</sub> LV2: consumo de oxigênio de pico, consumo de oxigênio correspondente ao primeiro limiar ventilatório, consumo de oxigênio correspondente ao segundo limiar ventilatório, percentual do consumo de oxigênio de pico correspondente ao primeiro limiar ventilatório e percentual do consumo de oxigênio de pico correspondente ao segundo limiar ventilatório. \*\* indica diferença significativa entre os períodos pré e pós-treinamento.

#### 4.1.4 DISCUSSÃO

Os principais achados desse estudo foram os maiores ganhos da força dinâmica máxima e da espessura muscular dos extensores de joelho, quando os exercícios de força foram realizados antes dos exercícios aeróbicos (ordem FA), em comparação a ordem inversa (ordem AF). Além disso, nenhuma diferença significativa nas adaptações neurais foi identificada entre os grupos, sugerindo que a ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente na hidroginástica influenciou os ganhos de força possivelmente por mecanismos morfológicos.

No presente estudo, ambos os grupos, FA e AF, apresentaram ganhos significativos de força nos membros superiores (1RM FLEC: 13% vs. 13%; PT FLEC: 6% vs. 4%, 1RM EXC: 22% vs. 17%, respectivamente) e inferiores (1RM FLEJ: 27% vs. 24%, PT FLEJ: 9% vs. 9%, 1RM EXJ: 43% vs. 27%, PT EXJ: 7% vs. 11%, respectivamente). Esses resultados corroboram outros estudos que analisaram os efeitos de um treinamento de força específico no meio aquático com sujeitos idosos (Takeshima et al., 2002; Tsourlou et al., 2006; Ambrosini et al., 2010) e/ou jovens (Pöyhönen et al., 2002; Colado et al., 2009a; Souza et al., 2010). Tsourlou et al. (2006) investigaram os efeitos de um treinamento concorrente durante 24 semanas (três sessões semanais) sobre a força muscular (isométrica e dinâmica) em mulheres saudáveis, com idade superior a 60 anos. Esse estudo demonstrou que após o treinamento houve um aumento significativo no pico de torque isométrico dos flexores (13%) e extensores de joelho (10%) e também no teste de 3RM durante os exercícios de extensão de joelhos (29%) e *leg press* (29%). Além disso, Souza et al. (2010) conduziram um estudo envolvendo um treinamento de força no meio aquático durante 11 semanas (duas sessões semanais) com mulheres jovens previamente sedentárias e observaram um

aumento de 17 e 20% nos teste de 1RM dos flexores e extensores de joelho, respectivamente. Krueel et al. (2005) foi o único estudo encontrado na literatura pesquisada que avaliou os ganhos de força dos flexores e extensores de cotovelo induzidos após um treinamento de força no meio aquático e o mesmo demonstrou um aumento de 12 e 29% no teste de 1RM dos flexores e extensores de cotovelo após um período de 11 semanas (duas sessões semanais) de intervenção de força na modalidade da hidroginástica com mulheres pós-menopáusicas, respectivamente. Essa magnitude de aumento está de acordo com a observada no presente estudo durante o teste de 1RM dos flexores ( $\cong 13\%$ ) e extensores (17-22%) de cotovelo com mulheres jovens previamente sedentárias.

O presente estudo parece ser o primeiro a investigar os efeitos da manipulação da ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente conduzindo no meio aquático. Além disso, poucos estudos tem investigado os efeitos da sequência dos exercícios durante o treinamento concorrente tradicional realizado em meio terrestre (Gravelle & Blessing, 2000; Chtara et al., 2005; Chtara et al., 2008; Cadore et al., 2012a; Cadore et al., 2012b). No estudo de Gravelle & Blessing (2000), nenhuma diferença significativa foi observada nos ganhos de força durante o exercício leg press entre os grupos de mulheres jovens ativas que treinaram exercícios de força antes (11%) ou depois (15%) de um exercício aeróbico. Resultados similares foram reportados por Chtara et al. (2008), os quais encontraram ganhos de força semelhantes durante o teste de 1RM no exercício de meio agachamento com homens jovens (estudantes de educação física) treinando em duas ordens opostas de treinamento concorrente em meio terrestre (força antes da corrida: 12% e corrida antes da força: 11%). Os resultados do presente estudo estão de acordo com os achados de Cadore et al. (2012b), visto que os mesmos observaram maiores ganhos de força dos extensores de joelho, de sujeitos

idosos previamente sedentários, durante o treinamento de força realizado antes do treinamento aeróbico e comparado com a ordem inversa (35% vs. 22%). Ainda é importante ressaltar que apesar de o presente estudo ter apresentado maiores ganhos de força dinâmica de extensão de joelho quando o treinamento de força foi realizado antes do treinamento aeróbico, o mesmo não ocorreu para o pico de torque isométrico de extensão de joelho. Uma possível explicação para esse resultado pode ser pelo fato de que o teste para medir a força dinâmica máxima é mais sensível para detectar as adaptações induzidas pelo tipo de treinamento de força empregado no presente estudo. Ambos os grupos aumentaram o pico de torque isométrico de extensão de joelho, mas a magnitude do aumento foi maior no teste de força dinâmica máxima quando comparada com o teste de força isométrica tanto para o grupo força-aeróbico quanto para o aeróbico-força.

No estudo de Cadore et al. (2012b) a ordem dos exercícios não influenciou a magnitude dos ganhos da espessura muscular (FA vs. AF; EM VL: 7% vs. 7%, EM VI: 9% vs. 12%), e os autores explicam que a diferença nos ganhos de força possivelmente são advindas das distintas adaptações neurais entre os grupos, visto que o grupo que treinou na ordem força-aeróbico apresentou maiores mudanças na economia muscular avaliada através da EMG de superfície. No presente estudo, os maiores ganhos de força dos músculos extensores de joelho observados no grupo FA parecem estar relacionados com a maior magnitude da espessura muscular encontrada em alguns músculos dos membros inferiores nesse grupo (FA vs. AF; EM VL: 10% vs. 5%, EM VI: 11% vs. 4%). Alguns estudos envolvendo o treinamento concorrente tradicional realizado em meio terrestre demonstraram que o treinamento aeróbico pode prejudicar a hipertrofia das fibras do tipo I (Kraemer et al., 1995; Bell et al., 1997; Bell et al., 2000; Putman et al., 2004). No presente estudo, pode-se especular que a fadiga resultante advinda do

treinamento aeróbico durante a ordem AF causou uma menor velocidade máxima de movimento nesse grupo, quando comparada com o grupo FA. É importante ressaltar o efeito da velocidade de movimento na produção de força no meio aquático, visto que essa variável na equação dos fluidos ( $F_d = 1/2 A v^2 C_d$ ) é elevada ao quadrado e diretamente proporcional à força de resistência (Alexander, 1977). Além disso, estudos tem demonstrado que durante exercícios específicos de hidroginástica o incremento da velocidade submáxima para a máxima de movimento resulta em aumento da ativação EMG de músculos dos membros superiores e inferiores (Alberton et al., 2011; Pinto et al., 2011). Dessa forma, uma menor velocidade de movimento pode ocasionar um menor pico de tensão e menor número de repetições durante as séries de exercícios de força no meio aquático, e conseqüentemente ocorre um menor trabalho total durante cada sessão de treinamento. Além disso, tem sido demonstrado que o pico de tensão durante o treinamento de força influencia os ganhos de força máxima (Cadore et al., 2012a). Sabe-se também que o trabalho total realizado é um dos principais fatores que influenciam a hipertrofia muscular (Schoenfeld, 2010). É importante ressaltar que a ordem da manipulação dos exercícios de força e aeróbicos não afetou os ganhos de força muscular dinâmica máxima dos flexores de joelho (FA vs. AF: 27% vs. 24%). Dessa forma, possivelmente, não houve uma fadiga residual dos flexores de joelho advinda dos exercícios aeróbicos realizados antes dos exercícios de força.

No presente estudo, ambos os grupos aumentaram a espessura muscular dos flexores de cotovelo (FA vs. AF; EM BB: 4% vs. 2%, EM BR: 6% vs. 4%) e extensores de joelho (FA vs. AF; EM VL: 10% vs. 5%, EM VM: 10% vs. 7%, EM VI: 11% vs. 4%, EM RF: 11% vs. 6%). Nossos resultados estão de acordo com os achados do estudo de Pöyhönen et al. (2002), o qual encontrou um aumento de 4% no tamanho do músculo quadríceps de mulheres fisicamente ativas após um treinamento de força no meio

aquático realizado durante 10 semanas. O estudo de Cadore et al. (2012b) também encontrou valores semelhantes de espessura muscular dos membros superiores entre os grupos FA e AF (EM BB: 5% vs. 3%; EM BR: 13% vs. 9%, respectivamente) após 12 semanas de treinamento concorrente em meio terrestre com homens idosos. Além disso, no presente estudo foi observado um aumento na atividade neuromuscular máxima dos músculos bíceps braquial e vasto lateral semelhante entre os grupos FA e AF (EMG BB: 9% vs. 26%; EMG VL: 25% vs. 22%, respectivamente). Nossos resultados estão de acordo com os achados de Pöyhönen et al. (2002), em que um aumento de 26% na amplitude isométrica máxima do sinal EMG analisado através da soma do valor RMS dos músculos vasto lateral e vasto medial foi encontrado em mulheres após um treinamento de 10 semanas de força no meio aquático. Melhoras significativas também foram observadas na economia neuromuscular dos músculos bíceps braquial (40% CIVM) (FA: -3% vs. AF: -16%), vasto lateral (40% e 80% CIVM) (40% - FA: -21% vs. AF: -19%; 80% - FA: -13% vs. AF: -20%), e reto femoral (80% CIVM) (FA: -17% vs. AF: -7%) em ambos os grupos de treinamento concorrente em meio aquático FA e AF. Esse resultado está parcialmente de acordo com os achados do estudo de Cadore et al. (2012b) que demonstrou que homens idosos, após realizarem um treinamento concorrente, força-aeróbico ou aeróbico-força, em meio terrestre de 12 semanas, apresentaram modificações significativas da economia neuromuscular do músculo vasto lateral em 50% da CIVM (FA: -17% vs. AF: -12%). Todavia, o estudo supracitado, apenas observou uma melhoria da economia neuromuscular do músculo reto femoral para o grupo que treinou na ordem força-aeróbico (FA: -23% vs. AF: 1%). O resultado positivo da economia neuromuscular apresenta uma aplicabilidade muito relevante para as atividades de vida diária, pois pode-se afirmar que para realizar uma mesma tarefa após o período de treinamento, tais mulheres jovens do presente estudo, possivelmente

necessitam recrutar menos fibras musculares do tipo I e/ou II tanto dos membros superiores quanto dos membros inferiores.

Ainda em relação à atividade neuromuscular máxima, pode-se afirmar que a falta de efeito positivo do treinamento concorrente em meio aquático sobre a atividade EMG do tríceps braquial acompanhou o comportamento do pico de torque isométrico máximo dos extensores de cotovelo, logo especula-se que não houve transferência dos ganhos de força dinâmica para os ganhos de força isométrica para tal grupo muscular. Resultado controverso observou-se para a atividade neuromuscular máxima dos músculos bíceps femoral e semitendinoso, visto que o pico de torque isométrico máximo dos flexores de joelho apresentou um aumento significativo após as 12 semanas de treinamento, sem nenhuma modificação da atividade EMG dos músculos mencionados anteriormente. Sabe-se que a eletromiografia de superfície apresenta algumas limitações, como por exemplo, os eletrodos não serem capazes de captar a atividade de todas as fibras ativas durante uma contração muscular (DeLuca, 1997). Tais limitações poderiam explicar em parte a ausência de efeito do treinamento em alguns músculos investigados. É importante ressaltar que o presente estudo parece ser o primeiro a investigar as adaptações neurais, através da EMG de superfície, induzidas pelo treinamento concorrente em ambiente aquático.

Em relação ao aumento da taxa de produção de força em ambos os grupos FA e AF, analisada em diferentes janelamentos da curva do torque isométrico dos extensores de joelho, pode-se afirmar que esse resultado está de acordo com o estudo com homens idosos de Cadore et al. (2012b), o qual também encontrou melhoras semelhantes na taxa máxima de produção de força (FA: 14% vs. AF: 33%) e nos primeiros 100 ms (FA: 26% vs. AF: 52%), independente da ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente em meio terrestre. O estudo de Bento et al. (2012) parece ser o primeiro a

investigar o comportamento da taxa máxima de produção de força após um treinamento em meio aquático com sujeitos idosos. Tal estudo observou um incremento de 11% na taxa máxima de produção na contração isométrica de extensão de joelho, após um treinamento em meio aquático de 12 semanas. No presente estudo observou-se incrementos, na taxa de produção e força máxima, de 19 e 30% para os grupos FA e AF, respectivamente. No janelamento de 100 ms, analisado também no estudo de Cadore et al. (2012b) em meio terrestre, observou-se um aumento de 20 e 46% para os grupos FA e AF, respectivamente, sem diferença entre os mesmos.

Outra variável importante que foi avaliada no presente estudo foi a altura durante o *squat jump* e *countermovement jump*. No presente estudo observou-se ganhos significativos da altura apenas do *countermovement jump*, independente da ordem do treinamento concorrente em meio aquático (FA: 5%; AF: 6%). Esse resultado está de acordo com os achados de Chtara et al. (2008) com homens jovens, o qual encontrou aumentos do pico da altura do *countermovement jump* independente da ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente em meio terrestre (FA e AF: 3%). Além disso, o estudo de Schoenell (2012) com treinamento de força no meio aquático, com mulheres jovens previamente sedentárias, observou um aumento de 7% da altura do *countermovement jump* após um período de 10 semanas. É importante ressaltar que o padrão de contração muscular durante repetições múltiplas em meio aquático, as quais são características na hidroginástica, é semelhante ao ciclo alongamento-encurtamento (CAE) (Pöyhönen et al., 2001), logo justifica-se a aplicabilidade da avaliação da altura do *countermovement jump* após uma intervenção com exercícios em meio aquático.

Por fim, pode-se afirmar que o treinamento concorrente realizado no presente estudo foi eficaz para melhorar a capacidade cardiorrespiratória de mulheres jovens previamente sedentárias. Além disso, a manipulação da ordem dos exercícios não

influenciou nas adaptações do  $VO_{2m\acute{a}x}$  e do  $VO_{2LV1}$ , visto que ambos os grupos, FA e AF ( $VO_{2m\acute{a}x}$ : 7% vs. 5%;  $VO_{2LV1}$ : 9% vs. 4%, respectivamente), obtiveram aumentos semelhantes nessas variáveis após o período de treinamento. O resultado do presente estudo está de acordo com outras investigações que demonstraram que o treinamento de força realizado simultaneamente com o treinamento aeróbico em meio terrestre não prejudicou as adaptações cardiorrespiratórias, que são produzidas pelo treinamento aeróbico realizado sozinho (Wood et al., 2001; Izquierdo et al., 2004; Sillampää et al., 2008; Sillampää et al., 2009a; Karavirta et al., 2009; Holviala et al. 2010; Cadore et al., 2011b; Karavirta et al., 2011; Holviala et al., 2012). Cadore et al. (2012a) demonstraram que a manipulação da ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente em meio terrestre com homens idosos não influenciou na magnitude dos ganhos referentes ao  $VO_{2m\acute{a}x}$  (FA: 8% vs. AF: 9%). Estudos com treinamento aeróbico na hidroginástica, realizados com três sessões semanais, apresentam um maior percentual de aumento da capacidade aeróbica ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) comparado ao observado no presente estudo após um mesmo período de treinamento (outros estudos:  $\cong 12\%$ ; presente estudo:  $\cong 7\%$ ) (Taunton et al., 1996; Takeshima et al., 2002).

#### 4.1.5 CONCLUSÃO

Em suma, os resultados do presente estudo demonstraram que a manipulação da ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente na hidroginástica influenciou a magnitude dos ganhos de força e espessura muscular, visto que os sujeitos que realizaram o treinamento de força antes do treinamento aeróbico apresentaram maiores adaptações da força dinâmica máxima dos extensores de joelho (43% vs. 27%) e da espessura muscular do vasto lateral (10% vs. 5%) e vasto intermédio (11% vs. 4%). É

possível que a fadiga residual advinda do treinamento aeróbico no grupo AF possa ter resultado em uma menor velocidade de movimento durante as séries dos exercícios de força, gerando um menor pico de tensão e trabalho total durante o movimento de extensão de joelho.

Do ponto de vista prático, o treinamento concorrente na hidroginástica, realizado duas vezes na semana, em ambas as ordens dos exercícios (força-aeróbico ou aeróbico-força) resulta em aumentos significativos da força (isométrica, dinâmica, potente) muscular, atividade neuromuscular e espessura muscular dos membros inferiores e superiores. Além disso, o treinamento executado apresenta melhoras significativas em parâmetros cardiorrespiratórios de mulheres jovens previamente sedentárias. Sendo assim, para otimizar os ganhos de força e de espessura muscular em mulheres jovens, a prescrição do treinamento concorrente na hidroginástica deve incluir a realização dos exercícios de força antes dos exercícios aeróbicos, visto que maiores ganhos foram encontrados para a força e a espessura muscular dos extensores de joelho nessa ordem de treinamento.

#### 4.1.6 REFERÊNCIAS

ABE, T.; DeHOYOS, D.V.; POLLOCK, M.L.; GARZARELLA, L. Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *Eur. J. Appl. Physiol.* 81(3):174-180, 2000.

ALBERTON, C.L.; CADORE, E.L.; PINTO, S.S.; TARTARUGA, M.P.; DA SILVA, E.M.; KRUEL, L.F. Cardiorespiratory, neuromuscular and kinematic responses to stationary running performed in water and on dry land. *Eur. J. Appl. Physiol.* 111(6):1157-1166, 2011.

ALBERTON, C.L.; TARTARUGA, M.P.; PINTO, S.S.; CADORE, E.L.; HABERLAND, A.A.; FINATTO, P.; KRUEL, L.F. Vertical ground reaction force

during water exercises performed at different intensities. *Int. J. Sports Med.* 2013a. [Epub ahead of print]

ALBERTON, C.L.; KANITZ, A.C.; PINTO, S.S.; ANTUNES, A.H.; FINATTO, P.; CADORE, E.L.; KRUEL, L.F.M. Determining the anaerobic threshold in water aerobic exercises: a comparison between the heart rate deflection point and the ventilatory method. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 2013b. [Aceito no dia 1º de março de 2013]

ALEXANDER, R. *Mechanics and energetics of animal locomotion.* In: ALEXANDER, R.; GOLDSPINK, G.; editors. Swimming. London: Chapman & Hall, 222-248, 1977.

AMBROSINI, A.B.; BRENTANO, M.A.; COERTJENS, M.; KRUEL, L.F.M. The Effects of Strength Training in Hydrogymnastics for Middle-Age Women. *International Journal of Aquatic Research and Education.* 4:153-162, 2010.

ASMUSSEN, E.; BONDE-PETERSEN, F. Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Physiol. Scand.* 91(3):385-393, 1974.

BELL, G.J.; SYROTUIK, D.; SOCHA, T.; MACLEAN, I.; QUINNEY, H.A. Effect of strength and endurance training on strength, testosterone, and cortisol. *J. Strength Cond. Res.* 11(1):57-64, 1997.

BELL, G.J.; SYROTUIK, D.; MARTIN, T.P.; BURNHAM, R.; QUINNEY, H.Á. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 81(5):418-427, 2000.

BENTO, P.C.B.; PEREIRA, G.; UGRINOWITSCH, C.; RODACKI, A.L.F. The effects of a water-based exercise program on strength and functionality of older adults. *J. Aging Phys. Act.* 20(4):469-483, 2012.

CADORE, E.L., PINTO, R.S., LHULLIER, F.L.R., CORREA, C.S., ALBERTON, C.L., PINTO, S.S.; ALMEIDA, A.P.V., TARTARUGA, M.P., SILVA, E.M., KRUEL, L.F.M. Physiological effects of concurrent training in elderly men. *Int. J. Sports Med.* 31(10):689-697, 2010.

CADORE, E.L.; PINTO, R.S.; ALBERTON, C.L.; PINTO, S.S.; LHULLIER, F.L.R.; TARTARUGA, M.P.; CORREA, C.S.; ALMEIDA, A.P.V.; SILVA, E.M.; LAITANO, O.; KRUEL, L.F.M. Neuromuscular economy, strength and endurance in healthy elderly men. *J. Strength Cond. Res.* 25(4):997-1003, 2011b.

CADORE, E.L.; IZQUIERDO, M.; ALBERTON, C.L.; PINTO, R.S.; CONCEIÇÃO, M.; CUNHA, G.; RADAELLI, R.; BOTTARO, M.; TRINDADE, G.T.; KRUEL, L.F. Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular

and cardiovascular gains in elderly men. *Exp. Gerontol.* 47(2):164-169, 2012a.

CADORE, E.L.; IZQUIERDO, M.; PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; PINTO, R.S.; BARONI, B.M.; VAZ, M.A.; LANFERDINI, F.J.; RADAELLI, R.; GONZÁLEZ-IZAL, M.; BOTTARO, M.; KRUEL, L.F. Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence. *Age*. 2012b. [Epub ahead of print]

CHILIBECK, P.D.; STRIDE, D.; FARTHING, J.P.; BURKE, D.G. Effect of creatine ingestion after exercise on muscle thickness in males e females. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36(10):1781-1788, 2004.

CHTARA, M.; CHAMARI, K.; CHAOUACHI, M.; CHAOUACHI, A.; KOUBAA, D.; FEKI, Y.; MILLET, G.P.; AMRI, M. Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *Br. J. Sports Med.* 39(8):555-560, 2005.

CHTARA, M.; CHAOUACHI, A.; LEVIN, G.T.; CHAOUACHI, M.; CHAMARI, K.; AMRI, M.; LAURSEN, P.B. Effect of concurrent endurance and circuit resistance training sequence on muscular strength and power development. *J. Strength Cond. Res.* 22(4):1037-1045, 2008.

COLADO, J.C.; TELLA, V.; TRIPLETT, N.T.; González, L.M. Effects of short-term aquatic resistance program on strength and body composition in fit young men. *J. Strength Cond. Res.* 23(2):549-559, 2009a.

DAVIS, J.A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17(1):6-21, 1985.

DeLUCA, C.J. The use of electromyography in biomechanics. *J. Appl. Biomec.* 13:135-163, 1997.

FRONTERA, W.R.; MEREDITH, C.N.; O'REILLY, K.P.; EVANS, W.J. Strength training and determinants of  $VO_{2max}$  in older men. *J. Appl. Physiol.* 68(1):329-333, 1990.

FUKUNAGA, T.; MIAYATANI, M.; TACHI, M.; KOUZAKI, M.; KAWAKAMI, Y.; KANEHISA, H. Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. *Acta Physiol. Scand.* 172(4): 249-255, 2001.

GARCÍA-PALLARES, J.; IZQUIERDO, M. Strategies to optimize concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. *Sports Med.* 41(4): 329-343, 2011.

GRAEF, F.I.; PINTO, R.S.; ALBERTON, C.L.; de LIMA, W.C.; KRUEL, L.F.M. The effects of resistance training performed in water on muscle strength in the elderly. *J. Strength Cond. Res.* 24(11):3150-3156, 2010.

GRAVELLE, B.L.; BLESSING, D.L. Physiological adaptation in women concurrently training for strength and endurance. *J. Strength Cond. Res.* 14(1):5-13, 2000.

HÄKKINEN, K.; ALEN, M.; KRAEMER, W.J.; GOROSTIAGA, E.; IZQUIERDO, M.; RUSKO, H.; MIKKOLA, J.; HÄKKINEN, A.; VALKEINEN, H.; KAARAKAINEN, E.; ROMU, S.; EROLA, V.; AHTIAINEN, J.; PAAVOLAINEN, L. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *J. Appl. Physiol.* 89(1):42-52, 2003a.

HERMENS, H.J.; FRERIKS, B.; MERLETTI, R.; STEGEMAN, D.; BLOK, J.; RAU, G.; DISSELHORST-KLUG, C.; HÄGG, G. European recommendations for surface electromyography: results of the SENIAM project 2nd ed. Roessingh Research and Development. 1999.

HOLVIALA, J.; HÄKKINEN, A.; KARAVIRTA, L.; NYMAN, K.; IZQUIERDO, M.; GOROSTIAGA, E.M.; AVELA, J.; KORHONEN, J.; KNUUTILA, V-P.; KRAEMER, W.J.; HÄKKINEN, K. Effects of combined strength and endurance training on treadmill load carrying walking performance in aging men. *J. Strength Cond. Res.* 24(6):1584-1595, 2010.

HOLVIALA, J.; KRAEMER, W.J.; SILLAMPÄÄ, E.; KARPINEN, H.; AVELA, J.; KAUKHANEN, A.; HÄKKINEN, A.; HÄKKINEN, K. Effects of strength, endurance and combined training on muscle strength, walking speed and dynamic balance in aging men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 112(4):1335-1347, 2012.

HOWLEY, E.T.; BASSETT Jr., D.R.; WELCH, H.G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27(9):1292-1301, 1995.

HUG, F.; DECHERCHI, P.; NARQUESTE, T.; JAMMES, Y. EMG versus oxygen uptake during cycling exercise in trained and untrained subjects. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 14(2):187-195, 2004.

IZQUIERDO, M.; IBAÑEZ, J.; HÄKKINEN, K.; KRAEMER, W.J.; LARRIÓN, J.L.; GOROSTIAGA, E.M. Once weekly combined resistance and cardiovascular training in healthy older men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36(3):435-443, 2004.

JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L.; WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 12(3):175-182, 1980.

KARAVIRTA, L.; TULPPO, M.P.; LAAKSONEN, D.E.; NYMAN, K.; LAUKKANEN, R.T.; KINNUNEN, H.; HÄKKINEN, A.; HÄKKINEN, K. Heart rate dynamics after combined endurance and strength training in older men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 41(7):1436-1443, 2009.

KARAVIRTA, L.; HÄKKINEN, A.; SILLANPÄÄ, E.; GARCIA-LOPEZ, D.; KAUKKANEN, A.; HAAPASAARI, A.; ALÉN, M.; PAKARINEN, A.; KRAEMER, W.J.; IZQUIERDO, M.; GOROSTIAGA, E.M.; HÄKKINEN, K. Effects of combined endurance and strength training on muscle strength, power and hypertrophy in 40–67-year-old men. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 21(3):402-411, 2011.

KORHONEN, M.T.; MERO, A.A.; ALÉN, M.; SIPILÄ, S.; HÄKKINEN, K.; LIIKAVAINIO, T.; VIITASALO, J.T.; HAVERINEN, M.T.; SUOMINEN, H. Biomechanical and skeletal muscle determinants of maximum running speed with aging. *Med. Sci. Sports Exerc.* 41(4):844-856, 2009.

KRAEMER, W.J.; PATTON, J.F.; GORDON, S.E.; HARMAN, E.A.; DESCHENES, M.R.; REYNOLDS, K.; NEWTON, R.U.; TRIPPLET, N.T.; DZIADOS, J.E. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J. Appl. Physiol.* 78(3):976-989, 1995.

KRUEL, L.F.M; BARELLA, R.E.; GRAEF, F.; BRENTANO, M.A.; FIGUEIREDO, P.P.; CARDOSO, A.; SEVERO, C.R. Efeitos de um treinamento de força aplicado em mulheres praticantes de hidroginástica. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício.* 4(1):32-38, 2005.

KUMAGAI, K.; ABE, T.; BRECHUE, W.F.; RYUSHI, T.; TAKANO, S.; MIZUNO, M. Sprint performance is related with muscle fascicle length in male 100m-sprinters. *J. Appl. Physiol.* 88(3):811-816, 2000.

McCARTHY, J.P.; POZNIAK, M.A.; AGRE, J.C. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34(3):511-519, 2002.

MIYATANI, M.; KANEHISA, H.; KUNO, S.; NISHIJIMA, T.; FUKUNAGA, T. Validity of ultrasonograph muscle thickness measurements for estimating muscle volume of knee extensors in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 86(3):203-208, 2002.

NARICI, M.V.; ROI, G.S.; LANDONI, L.; MINETTI, A.E.; CERRETELLI, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur. J. Appl. Physiol.* 59(4):310-319, 1989.

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.

PÖYHÖNEN, T.; KYROLAINEN, H.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Electromyographic and kinematic analysis of therapeutic knee exercises under water. *Clin. Biomech.* 16:496-504, 2001.

PÖYHÖNEN, T.; SIPILÄ, S.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Effects of aquatic resistance training on neuromuscular performance in healthy women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34(12):2103-2109, 2002.

PUTMAN, C.T.; XU, X.; GILLIES, E.; MACLEAN, I.M.; BELL, G.J. Effects of strength, endurance and combined training on myosin heavy chain content and fiber-type distribution in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 92(4-5):376-384, 2004.

SALE, D.G.; JACOBS, I.; MACDOUGALL, J.D.; GARNER S. Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22(3):348-356, 1990.

SATO, D.; KANEDA, K.; WAKABAYASHI, H.; NOMURA, T. Comparison of 2-year effects of once and twice weekly water exercise on activities of daily living ability of community dwelling frail elderly. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 49(1):123-128, 2009.

SCHOENELL, M.C.W. **Efeitos de diferentes programas de treinamento de força no meio aquático com diferentes volumes nas adaptações neuromusculares de mulheres jovens.** Porto Alegre, 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SCHOENFELD, B.J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J. Strength Cond. Res.* 24(10):2857-2872, 2010.

SILLAMPÄÄ, E.; HÄKKINEN, A.; NYMAN, K.; CHENG, S.; KARAVIRTA, L.; LAAKSONEN, D.E.; HUUHKA, N.; KRAEMER, W.J.; HÄKKINEN, K. Body composition and fitness during strength and/ or endurance training in older men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 40(5):950-958, 2008.

SILLAMPÄÄ, E.; HÄKKINEN, A.; PUNNONEN, K.; HÄKKINEN, K.; LAAKSONEN, D.E. Effects of strength and endurance training on metabolic risk factors in healthy 40–65-year- old men. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 19(6):885-895, 2009a.

SILLANPÄÄ, E.; LAAKSONEN, D.E.; HÄKKINEN, A.; KARAVIRTA, L.; JENSEN, B.; KRAEMER, W.J.; NYMAN, K.; HÄKKINEN, K. Body composition, fitness, and metabolic health during strength and endurance training and their combination in middle-aged and older women. *Eur. J. Appl. Physiol.* 106(2):285-296, 2009b.

SILVA, R.F.; CADORE, E.L.; KOTHE, G.; GUEDES, M.; ALBERTON, C.L.; PINTO, S.S.; PINTO, R.S.; TRINDADE, G.; KRUEL, L.F. Concurrent training with different aerobic exercises. *Int. J. Sports Med.* 33(8):627-634, 2012.

SIRI, W.E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. *Nutrition.* 9(5):480-491, 1993.

SOUZA, A.S.; RODRIGUES, B.M.; HIRSHAMMANN, B.; GRAEF, F.I.; TIGGEMANN, C.L.; KRUEL, L.F.M. Treinamento de força no meio aquático em mulheres jovens. *Motriz.* 16(3):649-657, 2010.

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.

TAUNTON, J.E.; RHODES, E.C.; WOLSKI, L.A.; DONELLY, M.; WARREN, J.; ELLIOT, J.; McFARLANE, L.; LESLIE, J.; MITCHELL, J.; LAURIDSEN, B. Effect of land-based and water-based fitness programs on the cardiovascular fitness, strength and flexibility of woman aged 65-75 years. *Gerontology.* 42(4):204-210, 1996.

TORMEN, M.L.S. **Efeitos do treinamento e destreinamento em hidroginástica na redução de riscos cardiovasculares e ósteo-musculares.** Porto Alegre, 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TSOURLOU, T.; BENIK, A.; DIPLA, K.; ZAFEIRIDIS, A.; KELLIS, S. The effects of a twenty-four-week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *J. Strength Cond. Res.* 20(4):811-818, 2006.

VOLAKLIS, K.A.; SPASSIS, A.T.; TOKMAKIDIS, S.P. Land versus water exercise in patients with coronary artery disease: effects on body composition, blood lipids, and physical fitness. *Am. Heart J.* 154(3):560e1-560e6, 2007.

WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J.; KOYAL, S.N.; BEAVER, W.L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J. Appl. Physiol.* 35:236-243, 1973.

WOOD, R.H.; REYES, R.; WELSCH, M.A.; FAVAROLO-SABATIER, J.; SABATIER, M.; LEE, C.M.; JOHNSON, L.G.; HOOPER, P.F. Concurrent cardiovascular and resistance training in healthy older adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(10):1751-1758, 2001.

## 4.2 ESTUDO II: Efeitos da ordem do treinamento concorrente na hidroginástica sobre as variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias de mulheres pós-menopáusicas

### RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos da manipulação da ordem dos exercícios de força e aeróbico durante o treinamento concorrente na hidroginástica sobre as variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias de mulheres pós-menopáusicas. Para tanto, 21 mulheres pós-menopáusicas ( $57,14 \pm 2,43$  anos) foram divididas aleatoriamente em dois grupos: força-aeróbico (FA) ( $n=10$ ) e aeróbico-força (AF) ( $n=11$ ). Os sujeitos realizaram o treinamento concorrente no meio aquático, duas vezes na semana durante 12 semanas, executando ambos os tipos de exercícios (aeróbico e força) na mesma sessão de treinamento. O treinamento de força foi realizado com séries em máxima velocidade e o treinamento aeróbico foi executado na frequência cardíaca do segundo limiar ventilatório. Todas as variáveis foram avaliadas antes e após o período de treinamento. Para análise dos dados foi utilizado o teste ANOVA para medidas repetidas com fator grupo ( $\alpha=0,05$ ). Após o treinamento, houve um aumento significativo da força muscular dinâmica máxima dos flexores e extensores de cotovelo, sem diferença entre os grupos FA e AF. Para o teste de 1 repetição máxima (1RM) de extensão de joelhos, foi observado que o grupo FA apresentou maiores ganhos de força em comparação ao grupo AF ( $34,62 \pm 13,51\%$  vs.  $14,16 \pm 13,68\%$ ). Após o treinamento, houve um aumento significativo do pico de torque isométrico (PT) dos flexores e extensores de joelho, sem diferença entre os grupos FA e AF. Além disso, houve um aumento significativo da taxa de produção máxima e também nos diferentes janelamentos (50, 100, 250 ms), durante a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) de extensão de joelho, sem diferença entre os grupos FA e AF. Houve um aumento significativo da amplitude máxima isométrica do sinal eletromiográfico (EMG) dos músculos vasto lateral e reto femoral, sem diferença entre os grupos FA e AF após 12 semanas de treinamento. Também houve uma diminuição significativa da amplitude submáxima isométrica do sinal EMG do músculo reto femoral em 40% da CIVM, sem diferença entre os grupos FA e AF após o treinamento. Após o treinamento, houve um aumento significativo da espessura muscular de todos os músculos analisados, sem diferença entre os grupos FA e AF (exceto reto femoral). Por fim, após o treinamento, houve um aumento significativo do consumo de oxigênio referente ao segundo limiar ventilatório ( $VO_{2LV2}$ ), sem diferença entre os grupos FA e AF. Em suma, a ordem exercícios de força seguidos dos exercícios aeróbicos otimizou os ganhos de força muscular dinâmica máxima dos extensores de joelho em mulheres pós-menopáusicas, quando comparada com a ordem inversa (aeróbico-força).

**Palavras-chave:** força muscular dinâmica máxima, pico de torque isométrico, atividade neuromuscular, taxa de produção de força, espessura muscular, consumo de oxigênio.

### 4.2.1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que com o avanço da idade, os indivíduos apresentam um declínio da massa muscular, da força muscular e da capacidade cardiorrespiratória (Fleg & Lakatta,

1988; Izquierdo et al., 2001; Snijders et al., 2009). Esses declínios estão associados com um prejuízo na capacidade funcional, o qual afeta a realização de diversas atividades de vida diária de forma independente (Izquierdo et al., 2003; Christensen et al., 2009; Aagaard et al., 2010). O posicionamento oficial, para idosos, do *American College of Sports Medicine* (ACSM) sugere que a combinação do treinamento de força e aeróbico é uma estratégia ótima para melhorar a aptidão cardiorrespiratória, reduzir as anormalidades metabólicas, aumentar a força muscular e a capacidade funcional de seus praticantes (ACSM, 2009). Dentro desse contexto, alguns estudos têm demonstrado que o treinamento concorrente com sujeitos idosos é efetivo para combater a perda da capacidade funcional, visto que esse tipo de treinamento apresenta melhorias tanto na função neuromuscular quanto na cardiorrespiratória (Wood et al., 2001; Izquierdo et al., 2004; Cadore et al., 2011a). Além disso, o treinamento concorrente, também com sujeitos idosos, apresenta efeitos positivos no tratamento de algumas doenças, como diabetes (Umpierre et al., 2011), fibromialgia (Valkeinen et al., 2008), esclerose múltipla (Motl et al., 2012), artrite reumatoide (Häkkinen et al., 2003b) e insuficiência cardíaca (Duncan et al., 2011).

No entanto, alguns estudos têm reportado que a combinação do treinamento de força e aeróbico resulta em menores ganhos de força e potência quando comparado com o treinamento de força realizado isoladamente; e esse efeito tem sido chamado na literatura de “efeito de interferência” (Kraemer et al., 1995; Bell et al., 1997, Bell et al., 2000; Häkkinen et al., 2003a; Cadore et al., 2010). Esse fenômeno pode ocorrer devido à influência negativa do treinamento aeróbico sobre as adaptações neuromusculares advindas do treinamento de força (Dolezal & Potteiger, 1998; Kraemer et al., 1995). Pode-se afirmar que um número limitado de estudos analisou os efeitos do treinamento concorrente em meio terrestre sobre variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias

em sujeitos idosos (Izquierdo et al., 2004; Cadore et al., 2010, Cadore et al., 2012a; Cadore et al., 2012b; Holviala et al., 2010; Sillampää et al., 2008; Karavirta et al., 2011). Alguns estudos recentemente têm examinado a influência da manipulação do volume e intensidade e também os efeitos da manipulação da ordem dos exercícios de força e aeróbico sobre as adaptações advindas do treinamento concorrente (Izquierdo et al., 2004, Izquierdo et al., 2005; Cadore et al., 2010, Cadore et al., 2011a, Cadore et al., 2012a; Cadore et al., 2012b). Evidências novas e atuais sugerem que a manipulação da ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente em meio terrestre pode influenciar a magnitude das adaptações neuromusculares e cardiorrespiratórias de homens idosos (Cadore et al., 2012a; Cadore et al., 2012b; Cadore & Izquierdo, 2013). Cadore et al. (2012b) observaram maiores ganhos de força nos membros inferiores, quando o treinamento de força foi realizado antes do treinamento aeróbico e comparado com a ordem inversa de treinamento (aeróbico-força) (35% vs. 22%). Contudo, esse mesmo estudo demonstrou não haver influencia da manipulação da ordem durante o treinamento concorrente em meio terrestre com homens idosos sobre a atividade neuromuscular, a taxa de produção de força isométrica máxima e nos primeiros 100 ms e o  $VO_{2máx}$ , após um período de 12 semanas de treinamento. Todavia, o estudo de Chtara et al. (2005), com homens jovens, demonstra que as adaptações relacionadas a capacidade cardiorrespiratória são mais otimizadas quando o treinamento concorrente em meio terrestre é realizado na ordem aeróbico-força em comparação com a ordem inversa força-aeróbico. Em relação à força potente, avaliada, por exemplo, através da altura do *countermovement jump*, a mesma parece não ser influenciada pela ordem do treinamento concorrente em meio terrestre também analisando sujeitos jovens (Chtara et al., 2008).

No meio aquático, destacam-se poucos estudos que investigaram os efeitos do treinamento concorrente em diferentes variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias (Takeshima et al., 2002; Tsourlou et al., 2006; Tormen, 2007). Nesses estudos, os exercícios aquáticos foram sempre realizados em apenas uma ordem, ou seja, exercícios de força seguidos dos exercícios aeróbicos no estudo de Tormen (2007) e exercícios aeróbicos seguidos de exercícios de força nos estudos de Takeshima et al. (2002) e Tsourlou et al. (2006). Todavia, não foi observado, na literatura pesquisada, nenhum estudo investigando os efeitos da manipulação da ordem dos exercícios, durante o treinamento concorrente no meio aquático, sobre os ganhos neuromusculares e cardiorrespiratórios de mulheres pós-menopáusicas. Além disso, é importante ressaltar que os exercícios realizados em ambiente aquático são considerados seguros e efetivos e também bastante indicados aos sujeitos idosos pelas características benéficas do meio aquático (Takeshima et al., 2002; Campbell et al., 2003), como por exemplo, o menor impacto nas articulações dos membros inferiores quando comparado ao mesmo observado durante exercícios em meio terrestre (Meredith-Jones et al., 2011; Alberton et al., 2013a).

A prescrição ideal na hidroginástica para melhorar diversos parâmetros da aptidão física de sujeitos idosos ainda não está bem estabelecida (Rica et al., 2013). Dessa forma, com intuito de melhorar o conhecimento relacionado à prescrição de exercícios nessa modalidade, parece bastante interessante e relevante determinar qual é a ordem mais efetiva para promover maiores ganhos neuromusculares e/ou cardiorrespiratórios durante o treinamento concorrente no meio aquático. Dentro desse contexto, o objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos da manipulação da ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente na hidroginástica sobre as adaptações neuromusculares e cardiorrespiratórias em mulheres pós-menopáusicas.

## 4.2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### *Amostra*

Participaram desse estudo mulheres pós-menopáusicas voluntárias, as quais não estavam engajadas em nenhum treinamento de força e/ou aeróbico regular e sistemático nos seis meses anteriores ao início da presente investigação. Foram recrutadas da cidade de Porto Alegre, através do envio de e-mail e divulgação do projeto em veículo de comunicação de grande circulação, diversas mulheres pós-menopáusicas, as quais foram aleatoriamente divididas em dois grupos: treinamento concorrente na ordem exercícios de força seguidos de exercícios aeróbicos e treinamento concorrente na ordem exercícios aeróbicos seguidos de exercícios de força. Como critérios de exclusão, essas mulheres não podiam ser fumantes, apresentar histórico de doenças cardiovasculares (à exceção de hipertensão arterial controlada por medicamento), endócrinas, metabólicas ou neuromusculares e também não poderiam utilizar algum tipo de medicamento com influência no sistema endócrino e/ou neuromuscular. Todas as mulheres pós-menopáusicas foram assim caracterizadas pela ausência de ciclos menstruais há mais de um ano e realizaram previamente a participação nesse estudo uma avaliação médica envolvendo um eletrocardiograma de esforço. Após o período de treinamento seriam excluídas as mulheres que apresentassem duas faltas consecutivas nas sessões de treinamento, bem como as que obtivessem uma frequência de treinamento menor que 80% (19 sessões) ao longo das 12 semanas. Além disso, essas mulheres foram instruídas a não modificarem seus hábitos alimentares durante o período do estudo.

Iniciaram o treinamento 13 indivíduos no grupo força-aeróbico e 13 indivíduos no aeróbico-força. Ao final do treinamento, 10 indivíduos no grupo força-aeróbico e 11 indivíduos no grupo aeróbico-força tiveram avaliações pré e pós teste realizadas e

obtiveram seus dados incluídos nos resultados. A perda amostral de cinco indivíduos no grupo ocorreu por motivos não relacionados ao treinamento executado. Dessas cinco mulheres excluídas, duas foram por problemas de saúde e as outras três por apresentarem duas faltas consecutivas, sem perspectiva de recuperá-las. Todas as participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO A) e o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sob registro 19972.

Com intuito de caracterizar a amostra, foram realizadas medidas de massa e estatura das participantes através de uma balança digital, com resolução de 100 gramas e um estadiômetro manual acoplado a mesma, com resolução de 1 mm (FILIZOLA, São Paulo, Brasil), respectivamente. Após, foram medidas as dobras cutâneas tricipital, subescapular, peitoral, axilar-média, supra-iliaca, abdominal e coxa com um plicômetro (LANGE, Cambridge, UK), com resolução de 1 mm. A partir desses dados foi estimada a densidade corporal através do protocolo de dobras cutâneas proposto por Jackson et al. (1980), e na sequência, a composição corporal foi calculada por meio da fórmula de Siri (1993). As dobras foram medidas em forma de circuito, totalizando no máximo três medidas para cada dobra cutânea e sempre mensuradas pelo mesmo avaliador.

### *Desenho experimental*

Uma subamostra das mulheres pós-menopáusicas (n=10;  $56,90 \pm 2,85$  anos) foi avaliada duas vezes antes do início do treinamento (semanas -4 e 0), com intuito de realizar um período controle das variáveis dependentes do presente estudo. Ambos os grupos (força-aeróbico e aeróbico-força) treinaram durante 12 semanas e cada sujeito foi avaliado antes e após (semanas 0 e 13) o treinamento concorrente na hidroginástica. As medidas pós-treinamento iniciaram 72 h depois da última sessão de hidroginástica, e

os sujeitos completaram todas as avaliações dentro de uma semana, com um intervalo de 48 h entre as mesmas. Diferentes testes foram conduzidos em dias distintos, com intuito de evitar a fadiga. Cada avaliação foi sempre realizada pelo mesmo investigador, de maneira cega, nos períodos pré e pós-treinamento.

### *Avaliações*

#### *Teste de força muscular dinâmica máxima (1RM)*

A força muscular dinâmica máxima foi avaliada através do teste de uma repetição máxima (1RM) na flexão (barra com pesos livres) e extensão de cotovelos bilateral (World-Esculptor, Porto Alegre, Brazil) e flexão e extensão de joelhos (World-Esculptor, Porto Alegre, Brazil). O valor de 1RM foi considerado a máxima carga possível de se realizar uma repetição na fase concêntrica do movimento. Uma semana antes do dia do teste os sujeitos foram familiarizados em duas sessões distintas com todos os procedimentos da avaliação. No dia do teste, os sujeitos realizaram um aquecimento de 5 min em cicloergômetro, alongamento dos grupos musculares os quais foram posteriormente solicitados e aquecimento específico com os exercícios testados. A carga máxima de cada sujeito foi determinada em no máximo cinco tentativas, com intervalo de 4 min entre as mesmas. O ritmo de cada contração (concêntrica e excêntrica) foi de 2 s e controlado através de um metrônomo (MA-30, KORG, Tokyo, Japan). Os coeficientes de correlação intraclassa (ICC) do teste-reteste da força muscular dinâmica máxima, avaliada através do teste de 1RM, na flexão e extensão de cotovelos e flexão e extensão joelhos podem ser visualizados na tabela 1.

Tabela 1 – Coeficiente de correlação intraclasse (ICC) da força muscular dinâmica máxima.

	ICC	p
1RM FLEC (kg)	0,88	<0,001
1RM EXC (kg)	0,69	<0,001
1RM FLEJ (kg)	0,75	<0,001
1RM EXJ (kg)	0,77	<0,001

1RM FLEC, 1RM EXC, 1RM FLEJ, 1RM EXJ: uma repetição máxima dos flexores do cotovelo, extensores do cotovelo, flexores de joelho e extensores de joelho.

### *Pico de torque isométrico*

O pico de torque máximo (PT) isométrico foi coletado em um dinamômetro (Biodex, New York, USA). Na mesma sessão de teste, os sujeitos foram cuidadosamente familiarizados com todos os procedimentos de coleta de dados. Para os testes de flexão e extensão de joelho os sujeitos foram posicionados sentados, com seus quadris e coxas bem estabilizados na cadeira do dinamômetro, e com ângulo de 85° da articulação do quadril (180° representando a extensão total). Em seguida, foi realizado um aquecimento com 10 repetições de flexão e extensão de joelho em uma velocidade angular de 90°s<sup>-1</sup>, executadas em um esforço submáximo. No protocolo isométrico, os sujeitos tinham sua perna direita posicionada pelos avaliadores em um ângulo de 120° de extensão de joelho (180° representando a extensão total). As mulheres foram instruídas a realizarem a máxima força, o mais rápido possível durante as contrações isométricas. Foram realizadas três contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM), com duração de 5 s, para os flexores e extensores de joelho direitos.

Durante todos os testes, os pesquisadores motivaram os sujeitos a produzirem a máxima força possível. O dinamômetro estava conectado em um conversor A/D (Dataq Instruments Inc., Akron, OH, USA), o qual possibilitava a quantificação do torque produzido por cada sujeito. O sinal de torque foi tratado com filtro *Butterworth* passa-

baixa de 5ª ordem, com frequência de corte de 9 Hz. O PT isométrico foi considerado o maior valor de torque (N.m) registrado durante as contrações isométricas e isocinéticas unilaterais de flexão e extensão de joelho. Além disso, a taxa máxima de produção de força (N.m.s<sup>-1</sup>) foi analisada nas curvas de contração isométrica de extensão de joelho e também nos primeiros 50, 100 e 250 ms da curva torque versus tempo. Para tanto, foi criada uma rotina específica no software Labview (versão 8.5) em que foi determinada a máxima variação do torque na fase ascendente da curva torque vs. tempo (taxa máxima) e também a variação de torque nos primeiros 50, 100 e 250 ms da curva torque vs. tempo (taxa em diferentes janelamentos). O ponto considerado o início da fase ascendente da curva torque vs. tempo foi o ponto em que o torque produzido pelos sujeitos ultrapassou os valores de aproximadamente 2,5 desvios padrão da média obtida nos sinais de torque durante o repouso. Os valores de ICC do teste-reteste do PT isométrico, avaliado no dinamômetro isocinético, na flexão e extensão de cotovelo e flexão e extensão joelho podem ser visualizados na tabela 2.

Tabela 2 - Coeficiente de correlação intraclasse (ICC) do pico de torque isométrico.

	ICC	p
PT FLEJ (N.m)	0,93	<0,001
PT EXJ (N.m)	0,96	<0,001

PT FLEJ, PT EXJ: pico de torque isométrico dos flexores de joelho e extensores de joelho.

#### *Ativação EMG máxima e economia neuromuscular*

Concomitantemente com a aquisição do torque máximo isométrico, a atividade EMG máxima dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e semitendinoso da coxa direita foi coletada através da EMG de superfície. Além disso, a ativação submáxima do sinal EMG (economia neuromuscular) dos músculos reto femoral e vasto lateral foi mensurada durante contrações isométricas para extensão de joelho (duração

de até 10 s), nos percentuais de 40 e 80% da contração isométrica voluntária máxima. Esses percentuais foram calculados com base no maior valor de torque obtido no protocolo isométrico descrito anteriormente para extensão de joelho. É importante salientar que na semana 13 a medida da economia neuromuscular foi realizada com o mesmo valor absoluto de torque encontrado no período pré-treinamento (semana 0).

Os eletrodos de superfície (modelo 242, HAL), foram posicionados em configuração bipolar (20 mm distância inter eletrodos), longitudinalmente à direção das fibras musculares, no ventre dos músculos citados anteriormente, de acordo com as recomendações do projeto de SENIAM (Hermens et al., 1999). Foi executada uma depilação na pele dos indivíduos, abrasão e limpeza da mesma com algodão e álcool nas superfícies musculares de interesse para manter a resistência inter eletrodo baixa ( $<3$  k $\Omega$ ). Para garantir o mesmo posicionamento dos eletrodos nos testes subsequentes, a coxa direita foi mapeada em lâminas transparentes com o desenho do posicionamento dos eletrodos referentes a pontos anatômicos e sinais na pele (Narici et al., 1989). O eletrodo referência foi posicionado na tuberosidade da tíbia para registrar o sinal EMG dos músculos extensores e flexores de joelho. O sinal EMG bruto foi coletado através de um eletromiógrafo de oito canais (AMT-8, Bortec Bio-medical Ltd., Canadá). Esse sinal foi convertido através de um conversor A/D DI-720, com 16 bits de resolução, conectado a um computador (Dataq Instruments Inc, Akron, OH, USA) e com uma frequência de amostragem de 2000 Hz por canal. Após a aquisição do sinal os dados foram exportados para análise no *software* SAD32. Nesse *software*, foi realizada a filtragem digital do sinal EMG, através dos filtros do tipo passa-banda *Butterworth*, de 5ª ordem, com frequências de corte entre 20 e 500 Hz. As curvas do sinal EMG, correspondentes às contrações isométricas voluntárias máximas (tempo de 5 s), foram recortadas em 1 s estável da curva do torque muscular isométrico máximo, e na

sequência foi obtido o valor *root mean square* (RMS) do trecho selecionado. Durante a medida da economia neuromuscular (40 e 80% CIVM) o sinal EMG foi recortado durante 2 s do torque muscular isométrico e posteriormente obtido o valor *root mean square* (RMS). Os valores de ICC do teste-reteste da atividade EMG isométrica máxima, avaliada através da técnica de EMG de superfície, dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial, vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e semitendinoso podem ser visualizados na tabela 3.

Tabela 3 - Coeficiente de correlação intraclassa (ICC) da atividade eletromiográfica isométrica máxima.

	ICC	p
EMG BF (V)	0,60	0,003
EMG ST (V)	0,56	0,007
EMG VL (V)	0,59	<0,001
EMG RF (V)	0,86	<0,001

EMG BF, EMG ST, EMG VL, EMG RF: atividade eletromiográfica isométrica máxima dos músculos bíceps femoral, semitendinoso, vasto lateral e reto femoral.

### *Espessura muscular*

A espessura muscular foi obtida através de um equipamento de ultrassonografia (Philips, VMI, MG, Brasil), com imagem de avaliação em B-modo. Um transdutor (38 mm) com 7,5 MHz, foi posicionado sobre o músculo avaliado de modo perpendicular, e para a aquisição da imagem, foi utilizado um gel a base de água que promove um aumento do contato acústico sem a necessidade de causar pressão sobre a pele. As imagens foram digitalizadas e posteriormente analisadas no *software* Image-J (National Institutes of Health, USA, version 1.37). Em cada imagem obtida por ultrassonografia, foi identificada a interface entre o tecido adiposo subcutâneo e o tecido ósseo e a interface entre o tecido musculoesquelético e tecido ósseo, sendo a espessura muscular (EM) definida como a distância entre o tecido adiposo subcutâneo e o tecido ósseo (Abe

et al., 2000). As imagens de EM foram obtidas nos músculos direitos dos membros superiores bíceps braquial e braquial, e o local da medida foi em 40% da distância entre o epicôndilo lateral do úmero ao processo acromial da escápula, partindo do epicôndilo (Fukunaga et al., 2001; Miyatami et al. 2002). Nos membros inferiores as imagens de EM foram obtidas nos músculos vasto lateral, vasto medial, vasto intermédio e reto femoral direitos. A medida do vasto lateral foi realizada no ponto médio entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur (Kumagai et al., 2000; Miyatami et al. 2002), enquanto que a medida do vasto medial foi obtida em 30% (1/3) da distância entre o trocânter maior e o epicôndilo lateral do fêmur (Korhonen et al., 2009). Além disso, a medida no vasto intermédio e reto femoral foi realizada em 60% (2/3) da distância entre o trocânter maior do fêmur e o epicôndilo lateral do fêmur e 3 cm lateral a partir da linha média do membro (Chilibeck et al., 2004). Para garantir o mesmo posicionamento do transdutor em todos os testes, o braço e perna direito de cada sujeito foi mapeado com o desenho das referências de pontos anatômicos e possíveis marcas na pele, para facilitar as medidas subsequentes (Narici et al., 1989). Após realizarem um repouso de 15 min deitados, os sujeitos foram avaliados na posição de decúbito dorsal. Essa avaliação da EM sempre foi realizada com 72 h prévias sem a realização de atividade física intensa. O avaliador executou três medidas para cada ponto e sempre o menor valor de EM foi considerada para análise. Os valores de ICC do teste-reteste da EM, avaliada através da técnica de ultrasonografia, do bíceps braquial, braquial, vasto lateral, vasto medial, vasto intermédio e reto femoral podem ser visualizados na tabela 4.

Tabela 4 - Coeficiente de correlação intraclassa (ICC) da espessura muscular.

	ICC	p
EM BB (mm)	0,86	0,002
EM BR (mm)	0,84	<0,001
EM VL (mm)	0,95	<0,001
EM VM (mm)	0,89	<0,001
EM VI (mm)	0,91	<0,001
EM RF (mm)	0,75	<0,001

EM BB, EM BR, EM VL, EM VM, EM VI, EM RF: espessura muscular do bíceps braquial, braquial, vasto lateral, vasto medial, vasto intermédio e reto femoral.

### *Consumo de oxigênio de pico e nos limiares ventilatórios*

Os sujeitos realizaram o protocolo de Bruce para determinar o consumo de oxigênio de pico ( $VO_{2\text{pico}}$ ), no primeiro limiar ventilatório ( $VO_{2LV1}$ ) e no segundo limiar ventilatório ( $VO_{2LV2}$ ). Cada estágio do protocolo foi composto de 3 min, com uma velocidade inicial de 1,7 milhas por hora (mph) e inclinação de 10%. Em cada estágio do teste a velocidade foi aumentada em 0,7-0,8 mph e a inclinação em 2%. O teste foi interrompido quando o sujeito indicava sua exaustão através de um sinal manual. Os gases respiratórios foram coletados através de um ergoespirômetro (CPX/D, Medical Graphics Corporation, St, Paul, MN, USA), com as medidas coletadas a cada respiração. O valor máximo de  $VO_2$  ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) obtido perto da exaustão foi considerado o  $VO_{2\text{pico}}$ . O primeiro limiar ventilatório (LV1) e o segundo limiar ventilatório (LV2) foram determinados pela curva de ventilação versus intensidade, e confirmados através dos equivalentes ventilatórios de  $O_2$  ( $V_E/VO_2$ ) e de  $CO_2$  ( $V_E/VCO_2$ ), respectivamente (Davis, 1985; Wasserman et al., 1973). Dois fisiologistas experientes e independentes detectaram por inspeção visual os limiares. Caso eles não concordassem na determinação dos pontos, a opinião de um terceiro fisiologista era solicitada (Hug et al., 2004). Os valores de  $VO_2$  correspondentes ao LV1 e ao LV2

também foram expressos como percentuais do  $VO_{2\text{pico}}$ . O teste foi considerado válido quando dois dos seguintes critérios fossem alcançados: atingir a frequência cardíaca máxima estimada pela idade ( $220 - \text{idade}$ ), obter um valor de taxa de troca respiratória (RER) maior que 1,15 e apresentar taxa respiratória máxima maior do que 35 respirações por minuto (Howley et al., 1995). Os valores de ICC do teste-reteste do  $VO_{2\text{pico}}$ ,  $VO_{2LV1}$  e  $VO_{2LV2}$ , podem ser visualizados na tabela 5.

Tabela 5 - Coeficiente de correlação intraclass (ICC) do consumo de oxigênio.

	ICC	p
$VO_{2\text{pico}}$ ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ )	0,87	<0,001
$VO_{2LV1}$ ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ )	0,69	0,001
$VO_{2LV2}$ ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ )	0,74	<0,001

$VO_{2\text{pico}}$ ,  $VO_{2LV1}$ ,  $VO_{2LV2}$ , consumo de oxigênio de pico, consumo de oxigênio correspondente ao primeiro limiar ventilatório e consumo de oxigênio correspondente ao segundo limiar ventilatório.

### *Saltos*

O protocolo de saltos foi realizado em uma plataforma de força (OR6-WP, AMTI, Watertown, USA) e cada sujeito realizou um aquecimento específico, fora da plataforma, com o *squat jump* e/ou *countermovement jump*. Na sequência, os indivíduos realizaram de três a cinco repetições do *squat jump* e/ou *countermovement jump*, os quais foram previamente randomizados. No *squat jump* os indivíduos iniciaram o movimento com os joelhos a  $90^\circ$  de flexão ( $180^\circ$  representa extensão completa) e no *countermovement jump* os mesmos iniciaram o teste na posição ortostática, descendo aproximadamente até  $90^\circ$  de flexão de joelhos e saltaram o mais alto e rápido possível. Para a análise dos saltos, os sinais da plataforma foram transmitidos para um computador pessoal através do *software* AMTIforce, convertidos através do *software* MATLAB (versão 5.3) e, posteriormente, analisados no *software* SAD32. Primeiramente as curvas correspondentes aos saltos foram filtradas por meio de um

filtro do tipo passa-baixa *Butterworth* de 3ª ordem, com frequência de corte de 30 Hz. Após, foi utilizada a ferramenta "acha picos" para determinar o primeiro e o último ponto em que os pés do sujeito não estavam em contato com a plataforma durante o salto. O intervalo de tempo transcorrido entre tais pontos foi calculado e representou o tempo de voo. A altura de salto (H) foi calculada através do tempo de voo com a fórmula proposta por Asmussen & Bonde-Petersen (1974), em que  $H=(\text{tempo de voo})^2*1,226$ ; e o valor mais alto de cada tipo de salto foi utilizado para posterior análise estatística. Os sujeitos foram instruídos a saltar com as mãos apoiadas no quadril, com intuito de reduzir a contribuição dos membros superiores no desempenho do mesmo. Os valores de ICC do teste-reteste da altura do *squat jump* e *countermovement jump* podem ser visualizados na tabela 6.

Tabela 6 - Coeficiente de correlação intraclassa (ICC) da altura dos saltos.

	ICC	p
SJ (cm)	0,81	<0,001
CMJ (cm)	0,82	0,001

SJ, CMJ: altura do *squat jump* e *countermovement jump*.

### *Treinamento concorrente na hidrogenástica*

Os sujeitos do presente estudo realizavam duas vezes na semana (dias não consecutivos) tanto o treinamento de força quanto o treinamento aeróbico em uma mesma sessão. Os grupos foram diferenciados pela ordem de execução dos exercícios durante o treinamento concorrente na hidrogenástica. Um grupo realizava os exercícios de força antes dos exercícios aeróbicos (FA) e o outro grupo realizava os exercícios aeróbicos antes dos exercícios de força (AF). Antes de iniciar o treinamento concorrente, os sujeitos realizaram duas sessões de familiarização no meio aquático com os exercícios que foram utilizados no período da intervenção e também executaram

apenas os exercícios de força na percepção de máximo esforço. Realizando uma analogia com o tipo de prescrição no meio terrestre através da execução sempre de repetições máximas durante todo o treinamento, os exercícios enfatizando ganhos de força no meio aquático também sempre são realizados em máxima velocidade e consequentemente máximo esforço; todavia, as séries são realizadas dentro de um determinado tempo. Além disso, o intervalo entre as séries sempre é composto do tempo necessário para que cada grupo muscular tenha um descanso de 2 min, visto que esse tempo parece ser suficiente para recuperar a rota metabólica ATP-CP a qual está sendo prioritariamente trabalhada nesse tipo de treinamento (Gastin, 2001). A progressão do treinamento de força no meio aquático foi realizada através da modificação do número e duração de séries de cada exercício, garantindo assim que o volume para cada grupo muscular fosse mantido ao longo das 12 semanas de treinamento (1 min por grupo muscular). É importante ressaltar que a duração das séries foi diminuída ao longo do treinamento, com intuito de aumentar a carga durante os exercícios de força, visto que é possível o sujeito alcançar maiores velocidades de movimento em estímulos com durações menores. A periodização completa do treinamento de força no meio aquático pode ser visualizada no quadro 3.

Quadro 3 - Periodização do treinamento de força no meio aquático.

Semana	Série	Blocos de exercícios	Duração	Volume total	Intensidade	Intervalo entre séries	Intervalo entre blocos
1 2 3 4	3	Bloco 1: *Flexão/extensão de cotovelos *Flexão/extensão de quadril – perna direita	20 s 20 s	13 min 20 s	Máximo esforço	1 min 20 s	1 min
		*Flexão/extensão de quadril – perna esquerda	20 s				
	3	Bloco 2: *Flexão/extensão de ombros *Flexão/extensão de joelho – perna direita	20 s 20 s				
		*Flexão/extensão de joelho – perna esquerda	20 s				
5 6 7 8	4	Bloco 1: * Flexão/extensão de cotovelos *Flexão/extensão de quadril – perna direita	15 s 15 s	16 min 50 s	Máximo esforço	1 min 30 s	1 min
		*Flexão/extensão de quadril – perna esquerda	15 s				
	4	Bloco 2: *Flexão/extensão de ombros *Flexão/extensão de joelho – perna direita	15 s 15 s				
		*Flexão/extensão de joelho – perna esquerda	15 s				
9 10 11 12	2x3	Bloco 1: * Flexão/extensão de cotovelos *Flexão/extensão de quadril – perna direita	10 s 10 s	28 min 20 s	Máximo esforço	1 min 40 s	1 min
		*Flexão/extensão de quadril – perna esquerda	10 s				
	2x3	Bloco 2: *Flexão/extensão de ombros *Flexão/extensão de joelho – perna direita	10 s 10 s				
		*Flexão/extensão de joelho – perna esquerda	10 s				

Nota: Os 2 min de descanso por grupo muscular começam a ser contabilizados na troca de exercício.

O treinamento de força foi separado em dois blocos de exercícios, e cada bloco era composto de um exercício para os membros superiores e um exercício para os membros inferiores. Todos os exercícios sempre foram realizados partindo da posição anatômica. O bloco 1 era composto da flexão e extensão de cotovelos

(simultaneamente) e flexão e extensão de quadril direito ou esquerdo (separadamente) (Figura 1). Já o bloco 2, era composto da flexão e extensão de ombros (simultaneamente) e flexão e extensão de joelho direito e esquerdo, partindo da flexão de quadril de 90° (separadamente) (Figura 2). Nas semanas 1-4 os sujeitos realizaram 3 séries de 20 s de cada bloco na seguinte sequência: 20 s do exercício de membros superiores, 5 s para troca de exercício, 20 s do exercício de membros inferiores com a perna direita, 5 s para troca de exercício e 20 s do exercício de membros inferiores com a perna esquerda. Essa sequência foi repetida três vezes, com um intervalo ativo de baixa intensidade, de 1 min 20 s, entre cada série. O treino foi dividido em dois blocos diferentes (1 e 2) e a sequência dos blocos e intervalos foi a seguinte: três vezes bloco 1 (6 min 10 s), intervalo ativo entre blocos (1 min) e três vezes bloco 2 (6 min 10 s). Nas semanas 5-8 os sujeitos realizaram 4 séries de 15 s de cada bloco, com um intervalo ativo de baixa intensidade, de 1 min 30 s, entre cada série. A sequência dos blocos e intervalos foi a seguinte: quatro vezes bloco 1 (7 min 55 s), intervalo ativo entre blocos (1 min) e quatro vezes bloco 2 (7 min 55 s). Nas semanas 9-12 os sujeitos realizaram 6 séries de 10 s de cada bloco, com um intervalo ativo de baixa intensidade, de 1 min 40 s, entre cada série. A sequência dos blocos e intervalos foi a seguinte: três vezes bloco 1 (5 min 20 s), intervalo ativo entre blocos (1 min), três vezes bloco 2 (5 min 20 s), intervalo ativo maior (5 min), três vezes bloco 1 (5 min 20 s), intervalo ativo entre blocos (1 min) e três vezes bloco 2 (5 min 20 s). As sessões de treinamento de força apresentaram um duração total de 13 min 20 s no primeiro mesociclo, 16 min 50 s no segundo mesociclo e 28 min 20 s no terceiro mesociclo. Durante os exercícios de força, os indivíduos foram instruídos a realizarem cada repetição em máximo esforço e amplitude, com intuito de alcançar a maior velocidade de movimento possível, e

consequentemente, a maior resistência no meio aquático. Os sujeitos foram sempre motivados pelo mesmo instrutor durante a sessão de exercícios de força.

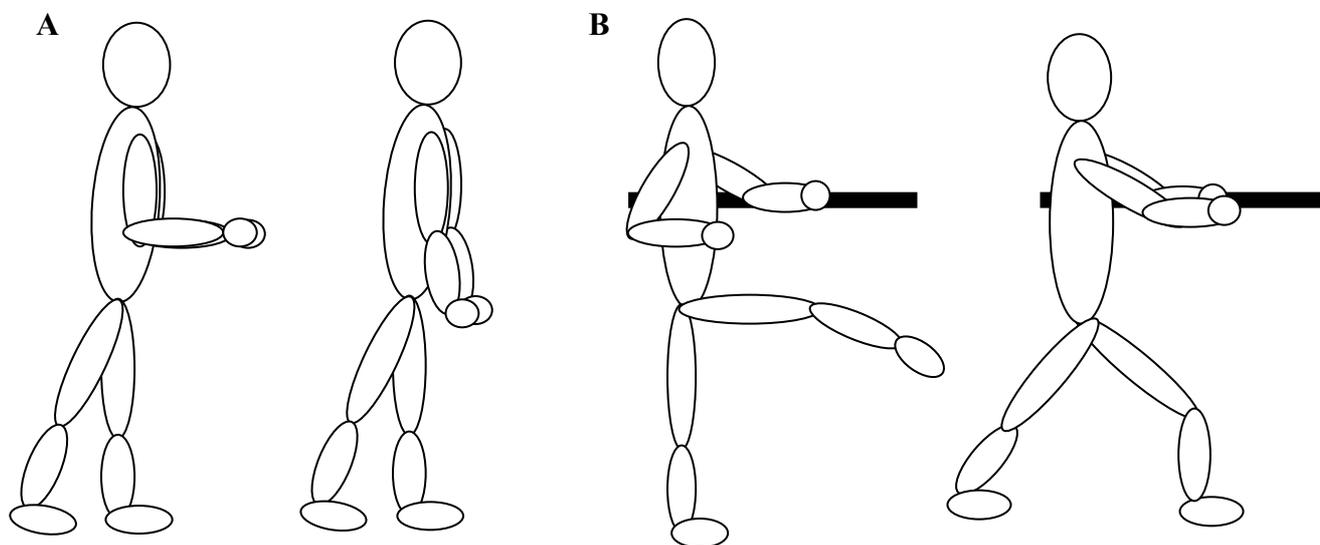


Figura 1 – Bloco 1: (A) Exercícios de flexão e extensão de cotovelos (bilateral) e (B) flexão e extensão de quadril (unilateral).

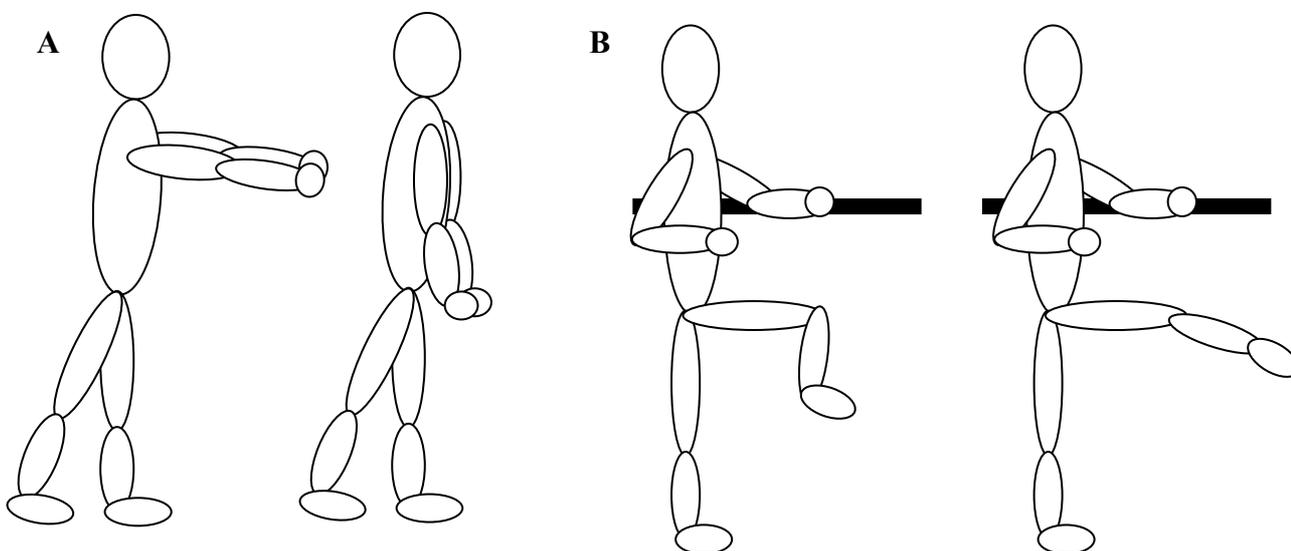


Figura 2 – Bloco 2: (A) Exercícios de flexão e extensão de ombros (bilateral) e (B) flexão e extensão de joelho (unilateral).

O treinamento aeróbico foi realizado com três exercícios de hidroginástica executados na FC correspondente ao LV2 ( $FC_{LV2}$ ). Durante as primeiras quatro semanas os indivíduos realizaram 2 séries de 3 min, sem intervalo entre as mesmas, na seguinte sequência: 3 min de corrida estacionária, 3 min de deslize frontal e 3 min de chute frontal, totalizando 18 min de exercícios aeróbicos. Na semanas 5-8 os sujeitos realizaram 3 séries de 3 min com a mesma sequência descrita acima, totalizando 27 min de exercícios aeróbicos e nas últimas quatro semanas (9-12), os sujeitos realizaram 4 séries de 3 min, totalizando 36 min de exercícios aeróbicos. A periodização completa do treinamento aeróbico no meio aquático pode ser visualizada no quadro 4.

Quadro 4 - Periodização do treinamento aeróbico no meio aquático.

Semana	Série	Exercício	Duração	Volume total	Intensidade
1	2	Corrida estacionária	3 min	18 min	$FC_{LV2}$
2		Deslize frontal	3 min		
3		Chute frontal	3 min		
4					
5	3	Corrida estacionária	3 min	27 min	$FC_{LV2}$
6		Deslize Frontal	3 min		
7		Chute frontal	3 min		
8					
9	4	Corrida estacionária	3 min	36 min	$FC_{LV2}$
10		Deslize frontal	3 min		
11		Chute frontal	3 min		
12					

Os três exercícios aeróbicos utilizados no presente estudo estão detalhadamente descritos no estudo de Alberton et al. (2013a) e podem ser visualizados na figura 3. Durante as sessões do treinamento aeróbico os sujeitos utilizaram frequencímetros codificados (FS1, Polar, Shangai, China), com intuito de controlar a  $FC_{LV2}$ . Dois professores experientes de hidroginástica (um dentro da piscina e outro fora da mesma)

supervisionaram cuidadosamente as sessões de treinamento aeróbico. Durante o período de treinamento a temperatura da água da piscina foi mantida em  $31,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$  e a profundidade de imersão em todos os sujeitos foi fixada entre o processo xifoide e ombros.

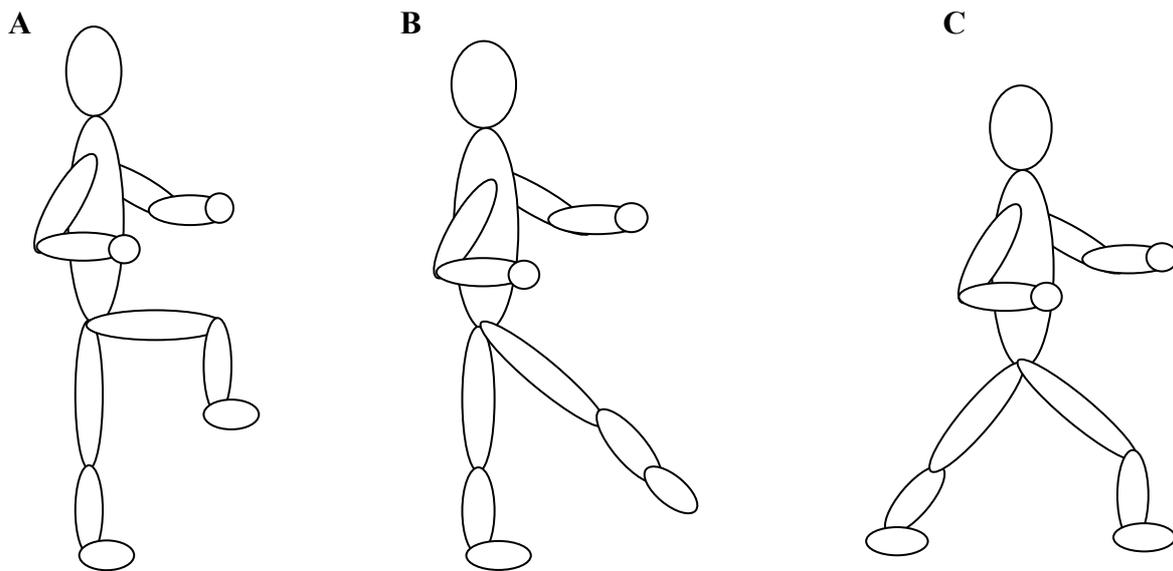


Figura 3 – Exercícios (A) corrida estacionária, (B) chute frontal e (C) deslize frontal.

O LV2, utilizado como parâmetro para prescrição da intensidade do treinamento aeróbico, foi determinado durante um teste máximo progressivo no meio aquático apenas com o exercício de corrida estacionária. Alberton et al. (2013b) demonstraram que não existe diferença significativa na  $FC_{LV2}$  analisada a partir de um protocolo de teste de esforço máximo no meio aquático para os exercícios corrida estacionária, deslize frontal e chute frontal. Dessa forma, o teste máximo com a corrida estacionária foi realizado com uma cadência inicial de 85 bpm durante 3 min, com incrementos de 15 bpm a cada 2 min, até o máximo esforço. As cadências foram gravadas em ordem crescente (85-205 bpm) em um *compact disc* (CD). Os gases respiratórios foram coletados através do analisador de gases portátil do tipo caixa de mistura (VO2000,

MedGraphics, Ann Arbor, USA), que foi previamente calibrado antes de cada sessão de acordo com as especificações do fabricante. A FC foi coletada através de um frequencímetro Polar (FS1, Polar, Shanghai, China). A taxa de amostragem para os dados de FC e de gases respiratórios foi de um ponto a cada 10 s, e foi utilizado o *software Aerograph* para aquisição das medidas. O LV2 foi determinado através da curva de ventilação versus intensidade e confirmado pela curva do equivalente ventilatório de CO<sub>2</sub> (V<sub>E</sub>/VCO<sub>2</sub>) (Wasserman et al., 1973). Dois fisiologistas experientes e independentes detectaram por inspeção visual os limiares. Caso eles não concordassem na determinação dos pontos, a opinião de um terceiro fisiologista era solicitada (Hug et al., 2004). O LV2 utilizado para prescrever a intensidade do treinamento aeróbico correspondeu a  $78,50 \pm 10,30\%$  do VO<sub>2pico</sub>. Além disso, o LV2 foi reavaliado na semana 6, com intuito de reajustar a intensidade de treinamento, e foi observado um percentual do VO<sub>2pico</sub> significativamente maior ( $p=0,043$ ) ao encontrado na semana 0 ( $83,55 \pm 7,37\%$  do VO<sub>2pico</sub>).

#### *Análise estatística*

Para analisar os dados coletados foi utilizada estatística descritiva através de média e desvio padrão. A normalidade e homogeneidade da amostra foi verificada através do teste de *Shapiro-Wilk* e *Levene*, respectivamente. Para comparar as variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias entre o período controle (semana -4) e o pré-treinamento (semana 0) foi utilizado o teste T Pareado. Além disso, a reprodutibilidade de cada variável dependente entre as semanas -4 e 0 foi testada através do coeficiente de correlação intraclasse. Para comparar as variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias entre os períodos pré e pós-treinamento e também entre a ordem do treinamento concorrente, foi utilizado o teste ANOVA *two-way* para medidas repetidas

no fator tempo. Caso os grupos apresentassem diferenças significativas, nas variáveis analisadas, no período pré-treinamento, realizava-se o teste ANCOVA (valores do período pré como covariante). Quando a interação grupo\*tempo foi significativa, foi utilizado o teste ANOVA *one-way* para comparar os percentuais de ganhos entre os grupos força-aeróbico e aeróbico-força. O índice de significância adotado neste estudo foi de  $\alpha = 0,05$ . Todos os testes estatísticos foram realizados no programa estatístico SPSS vs 20.0. Os poderes estatísticos de todas as variáveis analisadas no presente estudo podem ser visualizados no ANEXO C.

#### 4.2.3 RESULTADOS

##### *Caracterização da amostra e período controle*

É importante ressaltar, que os grupos eram semelhantes em relação as variáveis de idade, estatura, massa corporal e percentual de gordura corporal. Além disso, não foi observada diferença na frequência de treinamento entre os grupos FA e AF ( $96,25 \pm 5,36$  vs.  $96,97 \pm 7,47\%$ , respectivamente). Na tabela 7 pode-se visualizar as variáveis de caracterização da amostra de ambos os grupos FA e AF.

Tabela 7 – Variáveis de caracterização da amostra dos grupos força-aeróbico e aeróbico-força.

	Força-Aeróbico, n=10		Aeróbico-Força, n=11		p
	Pré		Pré		
	Média	DP	Média	DP	
Idade (anos)	57,20	$\pm 2,53$	57,09	$\pm 2,47$	0,921
Estatura (cm)	161,57	$\pm 5,67$	158,64	$\pm 7,64$	0,335
Massa corporal (kg)	66,78	$\pm 9,08$	73,05	$\pm 13,65$	0,235
% Gordura corporal (%)	36,25	$\pm 4,12$	38,05	$\pm 5,61$	0,416

Durante o período controle (semanas -4 e 0) não foram observadas mudanças na maioria das variáveis dependentes relacionadas a força muscular. Todavia, mudanças

foram observadas entre as semanas -4 e 0 no valor de 1RM dos extensores de cotovelo e joelho. As medidas do período controle das variáveis dependentes relacionadas a força muscular podem ser observadas na tabela 8.

Tabela 8 – Valores da força muscular dinâmica máxima, pico de torque isométrico e taxa de produção de força durante o período controle (semanas -4 e 0).

	Pós-menopáusicas n=10				
	Semana -4		Semana 0		p
	Média	DP	Média	DP	
1RM FLEC (kg)	16,75	±3,95	16,62	±3,16	0,844
1RM EXC (kg)	30,50	±5,95	23,87	±6,36	0,001*
1RM FLEJ (kg)	20,12	±3,31	20,12	±4,42	1,000
1RM EXJ (kg)	54,25	±11,13	47,37	±10,97	0,012*
PT FLEJ (N.m)	68,57	±11,76	70,40	±10,23	0,257
PT EXJ (N.m)	159,93	±38,30	157,72	±35,85	0,561
TPF <sub>50ms</sub> EXJ (N.m.s <sup>-1</sup> )	154,32	±30,98	189,94	±64,21	0,343
TPF <sub>100ms</sub> EXJ (N.m.s <sup>-1</sup> )	325,12	±190,11	345,15	±118,73	0,766
TPF <sub>250ms</sub> EXJ (N.m.s <sup>-1</sup> )	323,36	±107,80	354,43	±111,07	0,553
TPF <sub>máx</sub> EXJ (N.m.s <sup>-1</sup> )	379,05	±196,96	391,22	±131,94	0,871

1RM FLEC, 1RM EXC, 1RM FLEJ, 1RM EXJ: uma repetição máxima dos flexores do cotovelo, extensores do cotovelo, flexores de joelho e extensores de joelho; PT FLEJ, PT EXJ: pico de torque isométrico dos flexores de joelho e extensores de joelho; TPF<sub>50ms</sub> EXJ, TPF<sub>100ms</sub> EXJ, TPF<sub>250ms</sub> EXJ, TPF<sub>máx</sub> EXJ: taxa de produção de força isométrica dos extensores de joelho em 50ms, 100ms, 250ms e máxima. \* indica diferença significativa entre as semanas -4 e 0.

A atividade EMG máxima dos músculos dos membros superiores e inferiores apresentou o mesmo comportamento entre as semanas -4 e 0. Para economia neuromuscular também encontrou-se valores semelhantes de atividade EMG submáxima durante o período controle. Entretanto, para a atividade do reto femoral a 40 e 80% da CIVM houve diferença entre as semanas -4 e 0. As medidas do período controle da atividade EMG máxima e submáxima dos diferentes músculos podem ser observadas na tabela 9.

Tabela 9 - Valores da atividade eletromiográfica isométrica máxima e submáxima durante o período controle (semanas -4 e 0).

	Pós-menopáusicas n=10				
	Semana -4		Semana 0		p
	Média	DP	Média	DP	
EMG BF (V)	0,07	±0,03	0,07	±0,04	0,641
EMG ST (V)	0,09	±0,04	0,10	±0,05	0,687
EMG VL (V)	0,08	±0,02	0,08	±0,04	0,770
EMG RF (V)	0,07	±0,04	0,06	±0,04	0,860
EMG VL 40% (%)	35,68	±2,80	41,25	±9,95	0,206
EMG VL 80% (%)	77,66	±12,90	82,50	±13,13	0,459
EMG RF 40% (%)	26,18	±16,72	35,53	±9,04	0,039*
EMG RF 80% (%)	70,27	±10,51	83,45	±10,27	0,014*

EMG BF, EMG ST, EMG VL, EMG RF: atividade eletromiográfica isométrica máxima dos músculos bíceps femoral, semitendinoso, vasto lateral e reto femoral. EMG VL 40%, EMG VL 80%, EMG RF 40%, EMG RF 80%: atividade eletromiográfica isométrica submáxima em 40 e 80% da contração isométrica voluntária máxima dos músculos vasto lateral e reto femoral. \* indica diferença significativa entre as semanas -4 e 0.

Os dados de espessura muscular dos membros superiores e inferiores apresentaram um comportamento semelhante entre as semanas -4 e 0. A altura do *squat jump* e *countermovement jump* também apresentou um comportamento semelhante durante o período controle. As medidas nas semanas -4 e 0, da espessura muscular dos membros superiores e inferiores, assim como a altura do *squat jump* e *countermovement jump*, podem ser observadas na tabela 10.

Tabela 10 - Valores da espessura muscular e altura dos saltos durante o período controle (semanas -4 e 0).

	Pós-menopáusicas n=10				
	Semana -4		Semana 0		p
	Média	DP	Média	DP	
EM BB (mm)	19,46	±4,50	19,19	±3,62	0,687
EM BR (mm)	8,22	±1,65	8,46	±1,80	0,339
EM VL (mm)	18,06	±3,84	18,65	±3,66	0,058
EMG VM (mm)	16,21	±4,36	15,65	±4,78	0,482
EM VI (mm)	12,58	±3,52	11,95	±4,25	0,316
EM RF (mm)	13,99	±3,34	15,05	±4,18	0,380
SJ (cm)	13,00	±4,00	12,00	±3,00	0,803
CMJ (cm)	14,00	±4,00	14,00	±3,00	0,331

EM BB, EM BR, EM VL, EM VM, EM VI, EM RF: espessura muscular do bíceps braquial, braquial, vasto lateral, vasto medial, vasto intermédio e reto femoral; SJ, CMJ: altura do *squat jump* e *countermovement jump*.

Para as variáveis cardiorrespiratórias não foram observadas mudanças entre as semanas -4 e 0. Esses resultados podem ser observados na tabela 11.

Tabela 11 - Valores de consumo de oxigênio durante o período controle (semanas -4 e 0).

	Pós-menopáusicas n=10				
	Semana -4		Semana 0		p
	Média	DP	Média	DP	
VO <sub>2pico</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	27,92	±3,26	27,78	±3,86	0,834
VO <sub>2LV1</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	15,40	±1,84	16,24	±2,59	0,234
VO <sub>2LV2</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	21,40	±2,38	22,12	±3,83	0,440

VO<sub>2pico</sub>, VO<sub>2LV1</sub>, VO<sub>2LV2</sub>, consumo de oxigênio de pico, consumo de oxigênio correspondente ao primeiro limiar ventilatório e consumo de oxigênio correspondente ao segundo limiar ventilatório.

### *Força muscular dinâmica máxima (1RM)*

No pré-treinamento, não foi encontrada diferença significativa entre os grupos para os valores de 1RM dos diferentes exercícios avaliados, com exceção do valor dos extensores de joelho. Visto que a interação grupo\*tempo foi significativa para esse grupo muscular, e o desdobramento dos efeitos principais demonstrou que os grupos

apresentavam diferenças nos valores de 1RM de extensão de joelhos no período pré-treinamento ( $p=0,050$ ), os grupos foram comparados novamente através do teste ANCOVA (valores absolutos pré-treinamento como covariante). Esse teste demonstrou que os grupos apresentavam valores significativamente diferentes após o treinamento, com maiores valores para o grupo FA em comparação ao AF ( $64,38 \pm 6,24$  kg vs.  $57,50 \pm 6,17$  kg;  $p=0,032$ ). Além disso, os percentuais de ganho de 1RM entre os grupos foram comparados estatisticamente e também foi observado que o grupo FA apresentou maiores ganhos da força muscular dinâmica máxima dos extensores de joelho em comparação ao grupo AF ( $34,62 \pm 13,51\%$  vs.  $14,16 \pm 13,68\%$ , respectivamente,  $p=0,004$ ). Após o treinamento, houve um aumento significativo também da força muscular dinâmica máxima dos flexores e extensores de cotovelo, sem diferença entre os grupos FA e AF. Não houve aumento significativo dos valores de 1RM dos flexores de joelho após o período de treinamento, sem diferença entre os grupos FA e AF. Os valores de poder estatístico observados no efeito tempo para os diferentes teste de 1RM foram os seguintes: flexão de cotovelos 97%, extensão de cotovelos 99,9% e extensão de joelhos 99,9%. Os resultados do teste de 1RM para os diferentes grupos musculares avaliados podem ser visualizados na tabela 12.

Tabela 12 – Valores de média e desvio padrão das variáveis de força muscular dinâmica máxima, pico de torque isométrico e taxa de produção de força antes e após o treinamento concorrente em meio aquático força-aeróbico e aeróbico-força.

	Força-Aeróbico, n=10					Aeróbico-Força, n=11					Grupo	Tempo	Grupo*Tempo
	Pré		Pós		Δ%	Pré		Pós		Δ%			
	Média	DP	Média	DP		Média	DP	Média	DP				
1RM FLEC (kg)	15,89	±2,37	17,67	±2,24	11,91±10,56	17,82	±3,12	19,09	±3,78	7,21±10,15	0,212	0,001**	0,516
1RM EXC (kg)	24,78	±5,72	30,78	±4,38	23,81±15,13	28,00	±4,71	31,91	±4,74	14,67±9,83	0,316	<0,001**	0,106
1RM FLEJ (kg)	19,33	±4,15	21,44	±3,74	---	21,18	±4,31	22,18	±3,71	---	0,430	0,071	0,502
1RM EXJ (kg)	45,00	±9,05	60,22	±11,31	34,62±13,51	54,00	±9,90	60,91	±8,45	14,16±13,68	0,258	<0,001**	0,006***
PT FLEJ (N.m)	69,26	±9,67	76,91	±10,38	11,33±7,27	67,25	±11,95	73,53	±18,40	10,84±11,52	0,087	<0,001**	0,900
PT EXJ (N.m)	153,38	±17,02	169,12	±20,10	7,53±6,42	165,78	±26,27	175,94	±27,39	6,30±6,12	0,535	<0,001**	0,587
TPF <sub>50ms</sub> EXJ (N.m.s <sup>-1</sup> )	202,95	±88,00	215,40	±151,10	74,91±99,83	174,80	±79,22	298,85	±201,42	5,32±33,52	0,614	0,028**	0,067
TPF <sub>100ms</sub> EXJ (N.m.s <sup>-1</sup> )	330,45	±127,00	373,42	±173,76	53,78±86,34	289,26	±133,79	401,50	±207,43	15,86±31,57	0,921	0,018**	0,260
TPF <sub>250ms</sub> EXJ (N.m.s <sup>-1</sup> )	356,62	±74,43	406,23	±102,91	35,41±50,57	329,08	±111,21	408,80	±110,86	14,61±19,62	0,756	0,004**	0,462
TPF <sub>máx</sub> EXJ (N.m.s <sup>-1</sup> )	393,79	±109,83	443,14	±156,74	39,77±66,45	358,13	±117,68	468,73	±188,64	13,08±20,66	0,931	0,011**	0,295

1RM FLEC, 1RM EXC, 1RM FLEJ, 1RM EXJ: uma repetição máxima dos flexores do cotovelo, extensores do cotovelo, flexores de joelho e extensores de joelho; PT FLEJ, PT EXJ: pico de torque isométrico dos flexores de joelho e extensores de joelho; TPF<sub>50ms</sub> EXJ, TPF<sub>100ms</sub> EXJ, TPF<sub>250ms</sub> EXJ, TPF<sub>máx</sub> EXJ: taxa de produção de força isométrica dos extensores de joelho em 50ms, 100ms, 250ms e máxima. \*\* indica diferença significativa entre os períodos pré e pós-treinamento. \*\*\* indica interação significativa entre os efeitos grupo\*tempo.

### *Pico de torque isométrico*

No pré-treinamento, não foi observada diferença significativa entre os grupos para o pico de torque isométrico dos membros inferiores (flexores e extensores de joelho). Após o treinamento houve um aumento do pico de torque isométrico dos flexores e extensores de joelho, sem diferença entre os grupos FA e AF. Os valores de poder estatístico observados no efeito tempo para PT isométrico foram os seguintes: flexão de joelho 99,9% e extensão de joelho 99%. Os resultados do PT isométrico para os diferentes grupos musculares avaliados podem ser visualizados na tabela 12.

### *Taxa máxima de produção de força e em 50, 100 e 250 ms*

No período pré-treinamento não houve diferença entre os grupos para a taxa de produção máxima, em 50, 100 e 250 ms. Após o treinamento houve um aumento significativo da taxa de produção máxima e também da mesma nos diferentes janelamentos analisados (50, 100, 250 ms), sem diferença entre os grupos FA e AF. Os valores de poder estatístico observados no efeito tempo para a taxa de produção de força foram os seguintes: máxima 76%, 50 ms 62%, 100 ms 69% e 250 ms 86%. Os resultados da taxa de produção máxima, em 50, 100 e 250 ms podem ser visualizados na tabela 12.

### *Amplitude máxima isométrica do sinal EMG*

No período pré-treinamento não houve diferença entre os grupos para amplitude máxima isométrica do sinal EMG dos músculos bíceps femoral, semitendinoso, vasto lateral e reto femoral. Após o treinamento houve um aumento significativo da amplitude máxima isométrica do sinal EMG dos músculos vasto lateral e reto femoral, sem diferença entre os grupos FA e AF. Para a amplitude máxima isométrica do sinal EMG

do músculos bíceps femoral não houve incremento significativo após as 12 semanas de treinamento, sem diferença entre os grupos. Todavia, para a amplitude máxima isométrica do sinal EMG do músculo semitendinoso, houve um aumento marginalmente significativo ( $p=0,058$ ) após o treinamento, sem diferença entre os grupos. Os valores de poder estatístico observados no efeito tempo para a amplitude máxima isométrica do sinal EMG foram os seguintes: vasto lateral 68% e reto femoral 97%. Os resultados da amplitude máxima isométrica do sinal EMG podem ser visualizados na tabela 13.

Tabela 13 - Valores de média e desvio padrão das variáveis de atividade eletromiográfica isométrica máxima e submáxima antes e após o treinamento concorrente em meio aquático força-aeróbico e aeróbico-força.

	Força-Aeróbico, n=10					Aeróbico-Força, n=11					Grupo	Tempo	Grupo*Tempo		
	Pré		Pós		$\Delta\%$	Pré		Pós		p				p	p
	Média	DP	Média	DP		Média	DP	Média	DP						
EMG BF (V)	0,07	$\pm 0,04$	0,08	$\pm 0,03$	---	0,08	$\pm 0,03$	0,09	$\pm 0,04$	---	0,436	0,213	0,599		
EMG ST (V)	0,09	$\pm 0,05$	0,11	$\pm 0,05$	23,71 $\pm$ 40,61	0,09	$\pm 0,04$	0,11	$\pm 0,05$	11,90 $\pm$ 26,58	0,991	0,058	0,842		
EMG VL (V)	0,08	$\pm 0,04$	0,09	$\pm 0,05$	27,66 $\pm$ 46,90	0,09	$\pm 0,04$	0,10	$\pm 0,04$	16,13 $\pm$ 19,66	0,658	0,019**	0,644		
EMG RF (V)	0,07	$\pm 0,03$	0,09	$\pm 0,05$	33,75 $\pm$ 33,12	0,06	$\pm 0,02$	0,08	$\pm 0,03$	30,73 $\pm$ 23,46	0,573	0,001**	0,911		
EMG VL 40% (%)	39,47	$\pm 11,54$	36,69	$\pm 9,50$	-5,26 $\pm$ 16,44	35,00	$\pm 6,08$	32,83	$\pm 5,97$	-6,04 $\pm$ 10,74	0,256	0,058	0,806		
EMG VL 80% (%)	78,39	$\pm 9,16$	73,48	$\pm 11,69$	---	73,35	$\pm 6,01$	70,49	$\pm 11,52$	---	0,264	0,166	0,707		
EMG RF 40% (%)	34,84	$\pm 9,41$	28,94	$\pm 7,94$	-16,73 $\pm$ 12,74	33,60	$\pm 8,52$	28,41	$\pm 5,67$	-12,39 $\pm$ 19,56	0,785	0,003**	0,824		
EMG RF 80% (%)	77,92	$\pm 13,32$	66,24	$\pm 10,58$	---	74,27	$\pm 17,54$	69,91	$\pm 12,33$	---	0,998	0,062	0,375		

EMG BF, EMG ST, EMG VL, EMG RF: atividade eletromiográfica isométrica máxima dos músculos bíceps femoral, semitendinoso, vasto lateral e reto femoral. EMG VL 40%, EMG VL 80%, EMG RF 40%, EMG RF 80%: atividade eletromiográfica isométrica submáxima em 40 e 80% da contração isométrica voluntária máxima dos músculos vasto lateral e reto femoral. \*\* indica diferença significativa entre os períodos pré e pós-treinamento.

### *Amplitude submáxima isométrica do sinal EMG em 40 e 80% da CIVM*

No período pré-treinamento não houve diferença entre os grupos para amplitude submáxima isométrica do sinal EMG de todos os músculos avaliados tanto em 40 quanto em 80% da CIVM. Após o treinamento houve uma melhora significativa da amplitude submáxima isométrica do sinal EMG do músculo reto femoral em 40% da CIVM, sem diferença entre os grupos FA e AF. A amplitude submáxima isométrica do sinal EMG do músculo vasto lateral em 40% da CIVM apresentou uma melhora marginalmente significativa ( $p=0,058$ ) após o treinamento, sem diferença entre os grupos. Para a amplitude submáxima isométrica do sinal EMG dos músculos vasto lateral e reto femoral em 80% da CIVM não houve efeito significativo do treinamento de 12 semanas, sem diferença entre os grupos. Os valores de poder estatístico observados no efeito tempo para a amplitude submáxima isométrica do sinal EMG foram os seguintes: vasto lateral 40% CIVM 48% e reto femoral 40% CIVM 91%. Os resultados da amplitude submáxima isométrica do sinal EMG em 40 e 80% da CIVM podem ser visualizados na tabela 13.

### *Espessura muscular*

No período pré-treinamento não houve diferença entre os grupos tanto para espessura de membros superiores quanto para espessura do músculo vasto lateral dos membros inferiores. Após o treinamento, houve um aumento significativo da espessura muscular do bíceps braquial e braquial, sem diferença entre os grupos FA e AF. Visto que os grupos apresentavam diferenças nos valores de espessura dos músculos vasto medial, vasto intermédio e reto femoral no período pré-treinamento, os grupos foram comparados novamente através do teste ANCOVA (valores absolutos pré-treinamento como covariante). Esse teste demonstrou que os grupos apresentavam valores

semelhantes após o treinamento para os músculos vasto intermédio (FA:  $12,69 \pm 0,47$  mm vs. AF:  $12,54 \pm 0,46$  mm;  $p=0,510$ ) e vasto medial (FA:  $18,16 \pm 0,60$  mm vs. AF:  $18,13 \pm 0,60$  mm;  $p=0,913$ ). Todavia, diferença significativa entre os grupos foi observada para os valores pós-treinamento de espessura do reto femoral (FA:  $15,30 \pm 0,60$  mm vs. AF:  $16,00 \pm 0,60$  mm;  $p=0,022$ ). Os valores de poder estatístico observados no efeito tempo para a espessura muscular foram os seguintes: bíceps braquial 99,9%, braquial 99,9%, vasto lateral 99,9%, vasto medial 99,9%, vasto intermédio 99,9% e reto femoral 99,9%. Os resultados da espessura muscular dos membros superiores e inferiores podem ser visualizados na tabela 14.

Tabela 14 - Valores de média e desvio padrão das variáveis da espessura muscular e altura dos saltos antes e após o treinamento concorrente em meio aquático força-aeróbico e aeróbico-força.

	Força-Aeróbico, n=10					Aeróbico-Força, n=11					Grupo	Tempo	Grupo*Tempo
	Pré		Pós		$\Delta\%$	Pré		Pós		$\Delta\%$			
	Média	DP	Média	DP		Média	DP	Média	DP				
EM BB (mm)	17,77	±2,33	18,67	±2,58	5,04±4,16	18,02	±2,48	19,24	±2,90	6,67±3,83	0,717	<0,001**	0,316
EM BR (mm)	8,02	±1,23	8,44	±1,04	5,73±5,02	8,96	±2,54	9,58	±2,71	7,14±5,22	0,260	<0,001**	0,264
EM VL (mm)	19,50	±3,89	20,31	±3,97	4,24±1,23	20,03	±2,07	20,85	±2,22	4,12±2,69	0,698	<0,001**	0,926
EMG VM (mm)	15,79	±3,46	16,59	±3,60	5,10±2,87	18,65	±1,98	19,56	±2,27	4,83±3,13	0,031*	<0,001**	0,664
EM VI (mm)	9,69	±2,49	10,42	±2,80	7,30±3,65	13,66	±3,46	14,61	±3,76	6,85±3,27	0,009*	<0,001**	0,345
EM RF (mm)	12,94	±1,89	13,94	±2,02	7,82±3,64	15,77	±2,42	17,24	±2,11	9,78±4,64	0,004*	<0,001**	0,067
SJ (cm)	10,00	±3,00	10,00	±3,00	---	8,00	±3,00	8,00	±3,00	---	0,218	0,551	0,633
CMJ (cm)	11,00	±3,00	11,00	±3,00	---	9,00	±3,00	9,00	±3,00	---	0,233	0,401	0,148

EM BB, EM BR, EM VL, EM VM, EM VI, EM RF: espessura muscular do bíceps braquial, braquial, vasto lateral, vasto medial, vasto intermédio e reto femoral; SJ, CMJ: altura do *squat jump* e *countermovement jump*. \* indica diferença significativa entre os grupos força-aeróbico e aeróbico-força. \*\* indica diferença significativa entre os períodos pré e pós-treinamento.

## *Saltos*

No período pré-treinamento não houve diferença entre os grupos para a altura do *squat jump* e *countermovement jump*. Após o treinamento, não houve um aumento significativo da altura de ambos os saltos analisados (*squat jump* e *countermovement jump*), sem diferença entre os grupos FA e AF. Esses resultados podem ser visualizados na tabela 14.

## *VO<sub>2pico</sub>, VO<sub>2LV1</sub> e VO<sub>2LV2</sub>*

No período pré-treinamento não houve diferença entre os grupos para todas as variáveis analisadas em relação ao consumo de oxigênio. Após o treinamento, houve um aumento significativo do VO<sub>2LV2</sub> e do %VO<sub>2pico</sub> no LV2, sem diferença entre os grupos FA e AF. Para o VO<sub>2pico</sub>, VO<sub>2LV1</sub> e %VO<sub>2pico</sub> no LV1 não houve incremento significativo após as 12 semanas de treinamento, sem diferença entre os grupos. Os valores de poder estatístico observados no efeito tempo para VO<sub>2LV2</sub> foi 63% e para o %VO<sub>2LV2</sub> foi 60%. Os resultados do consumo de oxigênio podem ser visualizados na tabela 15.

Tabela 15 - Valores de média e desvio padrão das variáveis de consumo de oxigênio antes e após o treinamento concorrente em meio aquático força-aeróbico e aeróbico-força.

	Força-Aeróbico, n=10					Aeróbico-Força, n=11					Grupo	Tempo	Grupo*Tempo
	Pré		Pós		$\Delta\%$	Pré		Pós		$\Delta\%$			
	Média	DP	Média	DP		Média	DP	Média	DP				
VO <sub>2pico</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	27,15	±3,61	27,35	±5,38	---	23,70	±3,90	24,72	±2,55	---	0,086	0,333	0,512
VO <sub>2LV1</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	15,65	±1,76	16,55	±2,79	---	14,37	±2,72	15,50	±2,18	---	0,089	0,119	0,855
VO <sub>2LV2</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	22,43	±3,78	23,85	±4,28	7,46±17,99	19,74	±2,84	21,74	±2,46	11,20±12,57	0,093	0,027**	0,687
%VO <sub>2pico</sub> LV1 (%)	58,11	±6,60	61,90	±13,28	---	61,34	±10,23	63,14	±9,95	---	0,573	0,268	0,689
%VO <sub>2pico</sub> LV2 (%)	82,40	±5,58	87,75	±8,74	6,99±13,92	83,80	±6,54	88,00	±5,46	5,45±8,51	0,714	0,030**	0,780

VO<sub>2pico</sub>, VO<sub>2LV1</sub>, VO<sub>2LV2</sub>, %VO<sub>2pico</sub> LV1, %VO<sub>2pico</sub> LV2: consumo de oxigênio de pico, consumo de oxigênio correspondente ao primeiro limiar ventilatório, consumo de oxigênio correspondente ao segundo limiar ventilatório, percentual do consumo de oxigênio de pico correspondente ao primeiro limiar ventilatório e percentual do consumo de oxigênio de pico correspondente ao segundo limiar ventilatório. \*\* indica diferença significativa entre os períodos pré e pós-treinamento.

#### 4.2.4 DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foi o maior ganho de força dos extensores de joelho observado quando o treinamento concorrente na hidroginástica foi realizado na ordem força-aeróbico em comparação a ordem oposta (aeróbico-força). Todavia, é importante ressaltar que nenhuma diferença foi observada nas adaptações neurais e morfológicas entre os grupos, sugerindo que a manipulação da ordem dos exercícios de força e aeróbicos influencia o desempenho da força, mas essa maior força de membros inferiores observada no grupo força-aeróbico não pode ser explicada pelas variáveis de atividade neuromuscular e espessura muscular avaliadas no presente estudo. Esse principal achado do presente estudo sugere que o treinamento concorrente na hidroginástica realizado na ordem força-aeróbico otimiza os ganhos de força dinâmica dos músculos extensores de joelho de mulheres pós-menopáusicas.

No presente estudo, ambos os grupos FA e AF apresentaram ganhos de força dinâmica de membros superiores (1RM flexão de cotovelos: 12% vs. 7%; 1RM extensão de cotovelos: 24% vs. 15%, respectivamente) e inferiores (1RM extensão de joelhos: 35% vs. 14%, respectivamente), similares aos encontrados em outros estudos com treinamento de força em meio aquático com mulheres pós-menopáusicas. O estudo de Tsourlou et al. (2006) avaliou os efeitos de um treinamento concorrente no meio aquático durante 24 semanas (3 sessões semanais) e observou um aumento de 29% na força de extensão de joelhos medida através do teste de três repetições máximas (3RM) em mulheres idosas (69 anos). É importante reassaltar que no presente estudo em um período mais curto de treinamento comparado com o período do estudo de Tsourlou et al. (2006) (12 vs. 24 semanas) e com menor frequência semanal (2 vs. 3 sessões semanais) o grupo que realizou o treinamento na ordem força-aeróbico apresentou um

maior ganho da força dos extensores de joelho. Todavia, os estudos apresentam diferentes programas de treinamento concorrente em meio aquático, a avaliação da força dinâmica foi distinta (presente estudo foi utilizado 1RM) e a ordem dos exercícios no estudo de Tsourlou et al. (2006) foi sempre exercícios aeróbicos seguidos dos exercícios de força. Em relação a força dinâmica dos flexores e extensores de cotovelo pode-se comparar os ganhos obtidos no presente estudo aos encontrados no estudo de Krueel et al. (2005), o qual realizou uma metodologia de treinamento de força bastante similar a utilizada no presente estudo. Os ganhos no estudo de Krueel et al. (2005), também avaliando mulheres pós-menopáusicas, foram de 12% para os flexores de cotovelo e de 29% para os extensores de cotovelo.

O resultado do maior ganho da força dinâmica máxima dos extensores de joelho no grupo FA em comparação ao AF (35% vs. 14%), está de acordo com os achados de Cadore et al. (2012b), os quais analisaram diferentes ordens do treinamento concorrente em meio terrestre com homens idosos durante 12 semanas; e também observaram uma maior força máxima dos extensores de joelho no grupo exercícios de força seguidos de aeróbicos em comparação à ordem inversa (FA: 35% vs. AF: 22%). Contudo, tal resultado discorda dos achados de estudos que investigaram os efeitos da manipulação da ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente em meio terrestre com homens (Chtara et al., 2008) e mulheres jovens (Gravelle & Blessing, 2000). Provavelmente fatores como diferentes programas de treinamento e aptidão física inicial dos sujeitos são responsáveis pelas diferentes respostas entre os estudos que avaliaram a ordem dos exercícios no treinamento concorrente (Docherty & Sporer, 2000). Em relação ao pico de torque isométrico dos flexores e extensores de joelho, no presente estudo, houve um aumento em ambos os grupos musculares avaliados para as intervenções FA e AF e sem diferença entre as mesmas (PT flexão joelho: 11% vs.

11%, PT extensão de joelho: 7% vs. 6%). Esses valores são semelhantes aos observados no estudo de Pöyhönen et al. (2002), o qual analisou os efeitos de um treinamento de força de 10 semanas com mulheres ativas (34 anos) e observou ganhos do pico de torque isométrico na flexão e extensão de joelho de 11 e 8%, respectivamente. Da mesma forma, Tsourlou et al. (2006) avaliando mulheres idosas após um treinamento concorrente em meio aquático na ordem aeróbico-força observou aumentos de 13 e 10% para o do pico de torque isométrico na flexão e extensão de joelho, respectivamente. O estudo de Cadore et al. (2012b) observou um aumento de 8% e 6% do pico de torque extensores de joelho para os grupos FA e AF, respectivamente. Esse mesmo estudo, também observou não haver diferença entre os grupos de treinamento concorrente em meio terrestre para o pico de torque isométrico dos flexores de joelho (FA: 8% vs. AF: 8%). Os maiores ganhos da força muscular dinâmica máxima em comparação à isométrica pode ser explicado pelo treinamento em meio aquático ser realizado, principalmente, com contrações dinâmicas.

Em relação às variáveis de taxa de produção de força (máxima e em janelamentos de 50, 100 e 250 ms), avaliadas durante as contrações isométricas de extensão de joelho, houve incrementos significativos após as 12 semanas de treinamento na mesma magnitude para ambos os grupos FA e AF. O estudo de Bento et al. (2012) avaliou a taxa de produção máxima na contração isométrica de extensão de joelho, após um treinamento combinado em meio aquático, e observou um incremento de 11% nessa variável. No presente estudo observou-se incrementos de 22% e 13% para os grupos FA e AF, respectivamente. Como sugerido para outras variáveis, diferentes métodos de treinamento utilizados no presente estudo e no estudo de Bento et al. (2012) podem explicar diferentes magnitudes de incremento, apesar de ambos avaliarem mulheres pós-menopáusicas. O treinamento de força utilizado no presente estudo foi

sempre executado no máximo esforço, enquanto o estudo de Bento et al. (2012) utilizou séries com velocidade moderada na maior parte da periodização. Com relação às diferentes ordens de treinamento, os resultados do presente estudo estão de acordo com os achados de Cadore et al. (2012b), que verificaram que ambos as ordens de treinamento concorrente em meio terrestre, força-aeróbico e aeróbico-força, incrementaram as variáveis de taxa de produção de força em homens idosos, sem diferenças entre as ordens.

Com relação à atividade neuromuscular, ambos os grupos do presente estudo apresentaram estímulos semelhantes para a melhoria das variáveis analisadas (amplitude máxima e submáxima do sinal EMG), visto que não observou-se diferenças entre os grupos FA e AF. Esses resultados estão de acordo com outro estudo que demonstrou que após um treinamento de força em meio aquático de 10 semanas houve aumento significativo na atividade neuromuscular máxima (soma EMG vasto medial e lateral: 26%; soma EMG bíceps femoral e semitendinoso: 10%) (Pöyhönen et al., 2002). No presente estudo os aumentos da atividade neuromuscular máxima dos músculos vasto lateral, reto femoral e semitendinoso foram de 28, 34 e 24% para o grupo FA; e para o AF de 16, 31 e 12%, respectivamente. Ainda é importante ressaltar que ambos os grupos tornaram-se mais econômicos do ponto de vista neuromuscular, visto que houve uma diminuição da atividade neuromuscular dos músculos vasto lateral e reto femoral entre -5 e -17% para atingir 40% CIVM. No estudo de Cadore et al. (2012b) observou-se, com homens idosos, uma economia neuromuscular do vasto lateral de -17 e -12%, para alcançar 50% CIVM, nos grupos FA e AF, respectivamente, após 12 semanas de treinamento. Contudo, no estudo de Cadore et al. (2012b), houve melhora na economia neuromuscular do reto femoral somente no grupo FA, e esses autores sugeriram que diferentes magnitudes de adaptações neurais entre os grupos (FA e AF) podem explicar

as diferentes magnitudes de aumento de força observadas, visto que houve maior aumento na força muscular dinâmica no grupo FA nesse estudo. No presente estudo, o maior incremento de força no grupo FA não foi acompanhado por diferentes magnitudes de adaptações neurais entre FA e AF. Entretanto, é preciso cuidado ao interpretar os dados de EMG, visto que a técnica de EMG de superfície não detecta o sinal de todas as unidades motoras ativadas durante uma contração máxima (DeLuca, 1997). Além disso, é possível que diferentes magnitudes de adaptações neurais entre os grupos possam ter ocorrido em músculos não avaliados. Contudo, essa afirmação permanece especulativa.

Para a espessura muscular de membros inferiores e superiores observou-se aumentos entre 4-10%, independente da ordem do treinamento concorrente. Esses resultados estão de acordo com resultados de Cadore et al. (2012b), que não observaram diferenças entre a ordem de execução dos exercícios de força e aeróbico em meio terrestre em homens idosos. Nossos resultados são importantes porque sugerem que apenas 12 semanas de treinamento concorrente na hidroginástica são suficientes para promover aumentos na espessura muscular de membros superiores e inferiores em mulheres pós-menopáusicas previamente não treinadas. Além disso, o resultado do presente estudo concorda com estudo de 10 semanas de treinamento de força em meio aquático que observou aumento do tamanho muscular de músculos dos membros inferiores de mulheres jovens (quadríceps: 4%, isquiotibiais: 5%) (Pöyhönen et al., 2002). Os resultados do presente estudo sugerem que a hipertrofia estimulada pelo treinamento concorrente no meio aquático não sofre influência da ordem dos exercícios de força e aeróbico em mulheres pós menopáusicas.

No presente estudo, não houve melhora na altura dos saltos (*squat jump* e *countermovement jump*) após as 12 semanas de treinamento concorrente, força-aeróbico

ou aeróbico-força, na hidroginástica. Nossos resultados contrapõem os achados de Tsourlou et al. (2006), que observaram aumento na altura do *squat jump* (25%) em mulheres idosas após 24 semanas de treinamento concorrente no meio aquático, executado três vezes por semana. Possivelmente, o maior período de treinamento (24 vs. 12 semanas), bem como o maior volume semanal (3 vs. 2 sessões por semana) no estudo de Tsourlou et al. (2006) podem explicar os resultados distintos. Além disso, a ausência de modificações nas variáveis de altura de salto no presente estudo, possivelmente possa ser explicada pela falta de especificidade da medida com o treinamento executado. Dessa forma, é possível que um maior período ou volume de treinamento do que os utilizados no presente estudo sejam necessários para estimular modificações na altura de salto de mulheres pós-menopáusicas.

Por fim, em relação as variáveis cardiorrespiratórias observou-se apenas uma melhoria no valor do  $VO_{2LV2}$ , sem diferença entre os grupos (FA: 7% vs. AF: 11%). No estudo de Takeshima et al. (2002), com treinamento concorrente com mulheres idosas em meio aquático, observou-se um aumento de 20% no  $VO_{2LV2}$ . Todavia, é importante ressaltar que esse estudo foi realizado com uma frequência de três vezes na semana e as mulheres apresentavam uma faixa etária maior ( $69,3 \pm 4,5$  anos) que as do presente estudo ( $57,14 \pm 2,43$  anos). Nossos resultados estão de acordo com estudo de Cadore et al. (2012a), que observaram magnitude de modificações semelhantes nas variáveis cardiorrespiratórias em ambas as ordens de treinamento concorrente (FA e AF) no meio terrestre ( $VO_{2pico}$ : 8% vs. 9%, respectivamente).

#### 4.2.5 CONCLUSÃO

Em suma, a manipulação da ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente na hidroginástica influenciou as adaptações da força muscular dinâmica máxima dos extensores de joelho, visto que o grupo força-aeróbico apresentou maiores ganhos em comparação ao grupo aeróbico-força (35% vs. 14%). É importante ressaltar que essa diferença não foi acompanhada pelas respostas neurais e morfológicas analisadas no presente estudo, pois as mesmas apresentaram ganhos similares entre os grupos (força-aeróbico e aeróbico-força). Especula-se que a fadiga residual advinda dos exercícios aeróbicos influenciou na produção de tensão dos exercícios subsequentes de força, os quais envolviam movimentos de extensão de joelho. Em relação às variáveis cardiorrespiratórias, pode-se afirmar que as mesmas não foram influenciadas pela manipulação da ordem dos exercícios durante o treinamento concorrente na hidroginástica, visto que ambos os grupos força-aeróbico e aeróbico-força apresentaram ganhos similares do consumo de oxigênio referente ao segundo limiar ventilatório. Dessa forma, a ordem de treinamento concorrente exercícios de força seguidos de exercícios aeróbicos, na hidroginástica, deve ser priorizada com intuito de otimizar os ganhos de força dinâmica máxima dos membros inferiores em mulheres pós-menopáusicas. Todavia, é importante ressaltar que ambas as ordens do treinamento concorrente na hidroginástica apresentaram melhorias relevantes para saúde física das mulheres pós-menopáusicas.

#### 4.2.6 REFERÊNCIAS

- ABE, T.; DeHOYOS, D.V.; POLLOCK, M.L.; GARZARELLA, L. Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *Eur. J. Appl. Physiol.* 81(3):174-180, 2000.
- AAGAARD, P.; SUETTA, C.; CASEROTTI, P.; MAGNUSSON, S.P.; KJAER, M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 20(1):49-64, 2010.
- ALBERTON, C.L.; TARTARUGA, M.P.; PINTO, S.S.; CADORE, E.L.; HABERLAND, A.A.; FINATTO, P.; KRUEL, L.F. Vertical ground reaction force during water exercises performed at different intensities. *Int. J. Sports Med.* 2013a. [Epub ahead of print]
- ALBERTON, C.L.; KANITZ, A.C.; PINTO, S.S.; ANTUNES, A.H.; FINATTO, P.; CADORE, E.L.; KRUEL, L.F.M. Determining the anaerobic threshold in water aerobic exercises: a comparison between the heart rate deflection point and the ventilatory method. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 2013b. [Aceito no dia 1º de março de 2013]
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE; CHODZKO-ZAJKO, W.J.; PROCTOR, D.N.; FIATARONE SINGH, M.A.; MINSON, C.T.; NIGG, C.R.; SALEM, G.J.; SKINNER, J.S. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 41(7):1510-1530, 2009.
- ASMUSSEN, E.; BONDE-PETERSEN, F. Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Physiol. Scand.* 91(3):385-393, 1974.
- BELL, G.J.; SYROTUIK, D.; SOCHA, T.; MACLEAN, I.; QUINNEY, H.A. Effect of strength and endurance training on strength, testosterone, and cortisol. *J. Strength Cond. Res.* 11(1):57-64, 1997.
- BELL, G.J.; SYROTUIK, D.; MARTIN, T.P.; BURNHAM, R.; QUINNEY, H.A. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 81(5):418-427, 2000.
- BENTO, P.C.B.; PEREIRA, G.; UGRINOWITSCH, C.; RODACKI, A.L.F. The effects of a water-based exercise program on strength and functionality of older adults. *J. Aging Phys. Act.* 20(4):469-483, 2012.

CADORE, E.L., PINTO, R.S., LHULLIER, F.L.R., CORREA, C.S., ALBERTON, C.L., PINTO, S.S.; ALMEIDA, A.P.V., TARTARUGA, M.P., SILVA, E.M., KRUEL, L.F.M. Physiological effects of concurrent training in elderly men. *Int. J. Sports Med.* 31(10):689-697, 2010.

CADORE, E.L.; PINTO, R.S.; LHULLIER, F.L.R.; CORREA, C.S.; ALBERTON, C.L.; PINTO, S.S.; ALMEIDA, A.P.V.; TARTARUGA, M.P.; SILVA, E.M.; KRUEL, L.F.M. Effects of strength, endurance and concurrent training on aerobic power and dynamic neuromuscular economy in elderly men. *J. Strength Cond. Res.* 25(3):758-766, 2011a.

CADORE, E.L.; IZQUIERDO, M.; ALBERTON, C.L.; PINTO, R.S.; CONCEIÇÃO, M.; CUNHA, G.; RADAELLI, R.; BOTTARO, M.; TRINDADE, G.T.; KRUEL, L.F. Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular and cardiovascular gains in elderly men. *Exp. Gerontol.* 47(2):164-169, 2012a.

CADORE, E.L.; IZQUIERDO, M.; PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; PINTO, R.S.; BARONI, B.M.; VAZ, M.A.; LANFERDINI, F.J.; RADAELLI, R.; GONZÁLEZ-IZAL, M.; BOTTARO, M.; KRUEL, L.F. Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence. *Age.* 2012b. [Epub ahead of print]

CADORE, E.L.; IZQUIERDO, M. How to simultaneously optimize muscle strength, power, functional capacity, and cardiovascular gains in the elderly: an update. *Age.* 2013. [Epub ahead of print]

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.

CHILIBECK, P.D.; STRIDE, D.; FARTHING, J.P.; BURKE, D.G. Effect of creatine ingestion after exercise on muscle thickness in males e females. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36(10):1781-1788, 2004.

CHRISTENSEN, K.; DOBLHAMMER, G.; RAU, R.; VAUPEL, J.W. Ageing populations: the challenges ahead. *Lancet* 374(9696):1196-1208, 2009.

CHTARA, M.; CHAMARI, K.; CHAOUACHI, M.; CHAOUACHI, A.; KOUBAA, D.; FEKI, Y.; MILLET, G.P.; AMRI, M. Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *Br. J. Sports Med.* 39(8):555-560, 2005.

CHTARA, M.; CHAOUACHI, A.; LEVIN, G.T.; CHAOUACHI, M.; CHAMARI, K.; AMRI, M.; LAURSEN, P.B. Effect of concurrent endurance and circuit resistance training sequence on muscular strength and power development. *J. Strength Cond. Res.* 22(4):1037-1045, 2008.

DAVIS, J.A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17(1):6-21, 1985.

DOCHERTY, D.; SPORER, B. A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports. Med.* 30(6):385-394, 2000.

DOLEZAL, B.A.; POTTEIGER, J.A. Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. *J. Appl. Physiol.* 85(2):695-700, 1998.

DUNCAN, K.; POZEHL, B.; NORMAN, J.F.; HERTZOG, M. A self-directed adherence management program for patients with heart failure completing combined aerobic and resistance exercise training. *Appl. Nurs. Res.* 24(4):207-214, 2011.

FLEG, J.L.; LAKATTA, E.G. Role of muscle loss in the age-associated reduction in  $VO_{2max}$ . *J. Appl. Physiol.* 65(3):1147-1151, 1988.

FUKUNAGA, T.; MIAYATANI, M.; TACHI, M.; KOUZAKI, M.; KAWAKAMI, Y.; KANEHISA, H. Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. *Acta Physiol. Scand.* 172(4): 249-255, 2001.

HÄKKINEN, K.; ALEN, M.; KRAEMER, W.J.; GOROSTIAGA, E.; IZQUIERDO, M.; RUSKO, H.; MIKKOLA, J.; HÄKKINEN, A.; VALKEINEN, H.; KAARAKAINEN, E.; ROMU, S.; EROLA, V.; AHTIAINEN, J.; PAAVOLAINEN, L. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *J. Appl. Physiol.* 89(1):42-52, 2003a.

HÄKKINEN, A.; HANNONEN, P.; NYMAN, K.; LYYSKI, T.; HÄKKINEN, K. Effects of concurrent strength and endurance training in women with early or longstanding rheumatoid arthritis: comparison with healthy subjects. *Arthritis Rheum.* 49(6):789-797, 2003b.

HERMENS, H.J.; FRERIKS, B.; MERLETTI, R.; STEGEMAN, D.; BLOK, J.; RAU, G.; DISSELHORST-KLUG, C.; HÄGG, G. European recommendations for surface electromyography: results of the SENIAM project 2nd ed. Roessingh Research and Development. 1999.

HOLVIALA, J.; HÄKKINEN, A.; KARAVIRTA, L.; NYMAN, K.; IZQUIERDO, M.; GOROSTIAGA, E.M.; AVELA, J.; KORHONEN, J.; KNUUTILA, V-P.; KRAEMER, W.J.; HÄKKINEN, K. Effects of combined strength and endurance training on treadmill load carrying walking performance in aging men. *J. Strength Cond. Res.* 24(6):1584-1595, 2010.

HOWLEY, E.T.; BASSETT Jr., D.R.; WELCH, H.G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27(9):1292-1301, 1995.

HUG, F.; DECHERCHI, P.; NARQUESTE, T.; JAMMES, Y. EMG versus oxygen uptake during cycling exercise in trained and untrained subjects. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 14(2):187-195, 2004.

IZQUIERDO, M.; HÄKKINEN, K.; ANTÓN, A.; GARRUES, M.; IBAÑEZ, J.; RUESTA, M.; GOROSTIAGA, E.M. Maximal strength and power, endurance performance, and serum hormones in middle-aged and elderly men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(9):1577-1587, 2001.

IZQUIERDO, M.; HÄKKINEN, K.; IBANEZ, J.; ANTÓN, A.; GARRUÉS, M.; RUESTA, M.; GOROSTIAGA, E.M. Effects of strength training on submaximal and maximal endurance performance capacity in middle-aged and older men. *J. Strength Cond. Res.* 17(1):129-139, 2003.

IZQUIERDO, M.; IBAÑEZ, J.; HÄKKINEN, K.; KRAEMER, W.J.; LARRIÓN, J.L.; GOROSTIAGA, E.M. Once weekly combined resistance and cardiovascular training in healthy older men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36(3):435-443, 2004.

IZQUIERDO, M.; HÄKKINEN, K.; IBAÑEZ, J.; KRAEMER, W.J.; GOROSTIAGA, E.M. Effects of combined resistance and cardiovascular training on strength, power, muscle cross-sectional area, and endurance markers in middle-aged men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 94(1-2):70-75, 2005.

JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L.; WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 12(3):175-182, 1980.

KARAVIRTA, L.; HÄKKINEN, A.; SILLANPÄÄ, E.; GARCIA-LOPEZ, D.; KAUKANEN, A.; HAAPASAARI, A.; ALÉN, M.; PAKARINEN, A.; KRAEMER, W.J.; IZQUIERDO, M.; GOROSTIAGA, E.M.; HÄKKINEN, K. Effects of combined endurance and strength training on muscle strength, power and hypertrophy in 40–67-year-old men. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 21(3):402-411, 2011.

KORHONEN, M.T.; MERO, A.A.; ALÉN, M.; SIPILÄ, S.; HÄKKINEN, K.; LIIKAVAINIO, T.; VIITASALO, J.T.; HAVERINEN, M.T.; SUOMINEN, H.

Biomechanical and skeletal muscle determinants of maximum running speed with aging. *Med. Sci. Sports Exerc.* 41(4):844-856, 2009.

KRAEMER, W.J.; PATTON, J.F.; GORDON, S.E.; HARMAN, E.A.; DESCHENES, M.R.; REYNOLDS, K.; NEWTON, R.U.; TRIPPLET, N.T.; DZIADOS, J.E. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J. Appl. Physiol.* 78(3):976-989, 1995.

KRUEL, L.F.M; BARELLA, R.E.; GRAEF, F.; BRENTANO, M.A.; FIGUEIREDO, P.P.; CARDOSO, A.; SEVERO, C.R. Efeitos de um treinamento de força aplicado em mulheres praticantes de hidroginástica. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício.* 4(1):32-38, 2005.

KUMAGAI, K.; ABE, T.; BRECHUE, W.F.; RYUSHI, T.; TAKANO, S.; MIZUNO, M. Sprint performance is related with muscle fascicle length in male 100m-sprinters. *J. Appl. Physiol.* 88(3):811-816, 2000.

MEREDITH-JONES, K.; WATERS, D.; LEGGE, M.; JONES, L. Upright water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health: a qualitative review. *Complement. Ther. Med.* 19(2):93-103, 2011.

MIYATANI, M.; KANEHISA, H.; KUNO, S.; NISHIJIMA, T.; FUKUNAGA, T. Validity of ultrasonograph muscle thickness measurements for estimating muscle volume of knee extensors in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 86(3):203-208, 2002.

MOTL, R.W.; SMITH, D.C.; ELLIOTT, J.; WEIKERT, M.; DLUGONSKI, D.; SOSNOFF, J.J. Combined training improves walking mobility in persons with significant disability from multiple sclerosis: a pilot study. *J. Neurol. Phys. Ther.* 36(1):32-37, 2012.

NARICI, M.V.; ROI, G.S.; LANDONI, L.; MINETTI, A.E.; CERRETELLI, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur. J. Appl. Physiol.* 59(4):310-319, 1989.

PÖYHÖNEN, T.; SIPILÄ, S.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Effects of aquatic resistance training on neuromuscular performance in healthy women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34(12):2103-2109, 2002.

RICA, R.L.; CARNEIRO, R.M.; SERRA, A.J.; RODRIGUEZ, D.; PONTES JUNIOR, F.L.; BOCALINI, D.S. Effects of water-based exercise in obese older women: Impact of short-term follow-up study on anthropometric, functional fitness and quality of life parameters. *Geriatr. Gerontol. Int.* 13(1):209-214, 2013.

SILLAMPÄÄ, E.; HÄKKINEN, A.; NYMAN, K.; CHENG, S.; KARAVIRTA, L.; LAAKSONEN, D.E.; HUUHKA, N.; KRAEMER, W.J.; HÄKKINEN, K. Body composition and fitness during strength and/ or endurance training in older men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 40(5):950-958, 2008.

SIRI, W.E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. *Nutrition.* 9(5):480-491, 1993.

SNIJDERS, T.; VERDIJK, L.B.; van LOON, L.J.C. The impact of sarcopenia and exercise training on skeletal muscle satellite cells. *Ageing Res. Rev.* 8(4):328-338, 2009.

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.

TORMEN, M.L.S. **Efeitos do treinamento e destreinamento em hidroginástica na redução de riscos cardiovasculares e ósteo-musculares.** Porto Alegre, 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TSOURLOU, T.; BENIK, A.; DIPLA, K.; ZAFEIRIDIS, A.; KELLIS, S. The effects of a twenty-four-week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *J. Strength Cond. Res.* 20(4):811-818, 2006.

UMPIERRE, D.; RIBEIRO, P.A.; KRAMER, C.K.; LEITÃO, C.B.; ZUCATTI, A.T.; AZEVEDO, M.J.; GROSS, J.L.; RIBEIRO, J.P.; SCHAAN, B.D. Physical activity advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *JAMA* 305(17):1790-1799, 2011.

VALKEINEN, H.; ALÉN, M.; HÄKKINEN, A.; HANNONEN, P.; KUKKONEN-HARJULA, K.; HÄKKINEN, K. Effects of concurrent strength and endurance training on physical fitness and symptoms in postmenopausal women with fibromyalgia: a randomized controlled trial. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 89(9):1660-1666, 2008.

WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J.; KOYAL, S.N.; BEAVER, W.L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J. Appl. Physiol.* 35:236-243, 1973.

WOOD, R.H.; REYES, R.; WELSCH, M.A.; FAVAROLO-SABATIER, J.; SABATIER, M.; LEE, C.M.; JOHNSON, L.G.; HOOPER, P.F. Concurrent cardiovascular and resistance training in healthy older adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(10):1751-1758, 2001.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se afirmar que o presente estudo agrega informações relevantes em relação ao efeito da manipulação da ordem dos exercícios de força e aeróbico durante o treinamento concorrente, tanto com mulheres jovens quanto com pós-menopáusicas. Além disso, esse parece ser o primeiro estudo em meio aquático sobre tal temática. Com relação as variáveis neuromusculares, ressalta-se que a ordem exercícios de força seguidos dos exercícios aeróbicos otimizou os ganhos de força muscular dinâmica máxima dos extensores de joelho tanto em mulheres jovens (43% vs. 27%) quanto em mulheres pós-menopáusicas (35% vs. 14%), quando comparada com a ordem inversa (aeróbico-força). Para as mulheres jovens essas diferenças também foram acompanhadas pelo maior ganho de espessura muscular do vasto lateral (10% vs. 5%) e vasto intermédio (11% vs. 4%) durante o treinamento força-aeróbico em comparação ao aeróbico-força. Todavia, as respostas neurais não diferiram entre os grupos de mulheres jovens força-aeróbico e aeróbico-força. Para as mulheres pós-menopáusicas as diferenças na força dinâmica máxima entre os grupos do presente estudo não foram acompanhadas pelas respostas morfológicas ou neurais, visto que as mesmas apresentaram melhorias semelhantes entre os grupos força-aeróbico e aeróbico-força após o período de treinamento. Em ambas as faixas etárias analisadas, especula-se que o treinamento aeróbico, o qual foi realizado na frequência cardíaca referente ao segundo limiar ventilatório, possa ter gerado uma fadiga residual nos exercícios subsequentes de força no meio aquático. Com relação às variáveis cardiorrespiratórias, a ordem de execução dos exercícios durante o treinamento concorrente na hidroginástica não influenciou na magnitude de melhora do consumo de oxigênio de pico e nos limiares ventilatórios tanto nas mulheres jovens quanto nas pós-menopáusicas. Ainda é importante ressaltar que apenas as mulheres pós-menopáusicas apresentaram um

deslocamento do segundo limiar ventilatório, utilizado para prescrever a intensidade do treinamento aeróbico, de 78% na semana 0 para 83% do consumo de oxigênio de pico na semana 6. Para as mulheres jovens não houve mudança do percentual de treinamento aeróbico entre as semanas 0 e 6 (74% vs. 74% do consumo de oxigênio de pico, respectivamente).

Como aplicabilidade prática do presente estudo, pode-se sugerir que a realização do treinamento de força antes do aeróbico, durante uma sessão de treinamento concorrente na hidroginástica, é recomendada para a otimização dos ganhos na força muscular dinâmica máxima em mulheres jovens e pós-menopáusicas. Além disso, ressalta-se que para o grupo de mulheres jovens, caso o objetivo do treinamento seja a hipertrofia muscular, a ordem força-aeróbico também deve ser priorizada. Caso a principal valência física objetivada durante o treinamento concorrente na hidroginástica seja a capacidade aeróbica, ambas as ordens de treinamento podem ser executadas, visto que ganhos similares foram observados nas variáveis de consumo de oxigênio de pico e nos limiares ventilatórios nas mulheres jovens e pós-menopáusicas.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, T.; DeHOYOS, D.V.; POLLOCK, M.L.; GARZARELLA, L. Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *Eur. J. Appl. Physiol.* 81(3):174-180, 2000.
- AAGAARD, P.; SUETTA, C.; CASEROTTI, P.; MAGNUSSON, S.P.; KJAER, M. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 20(1):49-64, 2010.
- ALBERTON, C.L.; CADORE, E.L.; PINTO, S.S.; TARTARUGA, M.P.; DA SILVA, E.M.; KRUEL, L.F. Cardiorespiratory, neuromuscular and kinematic responses to stationary running performed in water and on dry land. *Eur. J. Appl. Physiol.* 111(6):1157-1166, 2011.
- ALBERTON, C.L.; TARTARUGA, M.P.; PINTO, S.S.; CADORE, E.L.; HABERLAND, A.A.; FINATTO, P.; KRUEL, L.F. Vertical ground reaction force during water exercises performed at different intensities. *Int. J. Sports Med.* 2013a. [Epub ahead of print]
- ALBERTON, C.L.; KANITZ, A.C.; PINTO, S.S.; ANTUNES, A.H.; FINATTO, P.; CADORE, E.L.; KRUEL, L.F.M. Determining the anaerobic threshold in water aerobic exercises: a comparison between the heart rate deflection point and the ventilatory method. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 2013b. [Aceito no dia 1º de março de 2013]
- ALEXANDER, R. *Mechanics and energetics of animal locomotion.* In: ALEXANDER, R.; GOLDSPINK, G.; editors. Swimming. London: Chapman & Hall, 222-248, 1977.
- ALVES, R.V.; MOTA, J.; COSTA, M.C.; ALVES, J.G.B. Physical fitness and elderly health effects of hydrogymnastics. *Rev. Bras. Med. Esporte.* 10(1):38-43, 2004.
- AMBROSINI, A.B.; BRENTANO, M.A.; COERTJENS, M.; KRUEL, L.F.M. The Effects of Strength Training in Hydrogymnastics for Middle-Age Women. *International Journal of Aquatic Research and Education.* 4:153-162, 2010.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE; CHODZKO-ZAJKO, W.J.; PROCTOR, D.N.; FIATARONE SINGH, M.A.; MINSON, C.T.; NIGG, C.R.; SALEM, G.J.; SKINNER, J.S. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 41(7):1510-1530, 2009.

ARNOLD, C.M.; FAULKNER, R.A. The effect of aquatic exercise and education on lowering fall risk in older adults with hip osteoarthritis. *J. Aging Phys. Act.* 18(3):245-260, 2010.

ASA, C.; MARIA, S.; KATHARINA, S.S.; BERT, A. Aquatic exercise is effective in improving exercise performance in patients with heart failure and type 2 diabetes mellitus. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.* 2012. [Epub 2012]

ASMUSSEN, E.; BONDE-PETERSEN, F. Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Physiol. Scand.* 91(3):385-393, 1974.

BATTERHAM, S.I.; HEYWOOD, S.; KEATING, J.L. Systematic review and meta-analysis comparing land and aquatic exercise for people with hip or knee arthritis on function, mobility and other health outcomes. *BMC Musculoskelet. Disord.* 2(12):123, 2011.

BELL, G.J.; SYROTUIK, D.; SOCHA, T.; MACLEAN, I.; QUINNEY, H.A. Effect of strength and endurance training on strength, testosterone, and cortisol. *J. Strength Cond. Res.* 11(1):57-64, 1997.

BELL, G.J.; SYROTUIK, D.; MARTIN, T.P.; BURNHAM, R.; QUINNEY, H.A. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 81(5):418-427, 2000.

BENTO, P.C.B.; PEREIRA, G.; UGRINOWITSCH, C.; RODACKI, A.L.F. The effects of a water-based exercise program on strength and functionality of older adults. *J. Aging Phys. Act.* 20(4):469-483, 2012.

BERGAMIN, M.; ZANUSO, S.; ALVAR, B.A.; ERMOLAO, A.; ZACCARIA, M. Is water-based exercise training sufficient to improve physical fitness in the elderly? *Eur. Rev. Aging Phys. Act.* 9(2):129-141, 2012.

BOCALINI, D.S.; SERRA, A.J.; MURAD, N.; LEVY R.F. Water- versus land-based exercise effects on physical fitness in older women. *Geriatr. Gerontol. Int.* 8(4):265-271, 2008.

BRAVO, G.; GAUTHIER, P.; ROY, P.M.; PAYETTE, H.; GAULIN, P. A weight-bearing, water-based exercise program for osteopenic women: its impact on bone, functional fitness, and well-being. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 78(12):1375-1380, 1997.

BUTTELLI, A.C.K. **Efeitos de um treinamento de força no meio aquático com diferentes volumes em homens jovens.** Porto Alegre, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

- CADORE, E.L., PINTO, R.S., LHULLIER, F.L.R., CORREA, C.S., ALBERTON, C.L., PINTO, S.S.; ALMEIDA, A.P.V., TARTARUGA, M.P., SILVA, E.M., KRUEL, L.F.M. Physiological effects of concurrent training in elderly men. *Int. J. Sports Med.* 31(10):689-697, 2010.
- CADORE, E.L.; PINTO, R.S.; LHULLIER, F.L.R.; CORREA, C.S.; ALBERTON, C.L.; PINTO, S.S.; ALMEIDA, A.P.V.; TARTARUGA, M.P.; SILVA, E.M.; KRUEL, L.F.M. Effects of strength, endurance and concurrent training on aerobic power and dynamic neuromuscular economy in elderly men. *J. Strength Cond. Res.* 25(3):758-766, 2011a.
- CADORE, E.L.; PINTO, R.S.; ALBERTON, C.L.; PINTO, S.S.; LHULLIER, F.L.R.; TARTARUGA, M.P.; CORREA, C.S.; ALMEIDA, A.P.V.; SILVA, E.M.; LAITANO, O.; KRUEL, L.F.M. Neuromuscular economy, strength and endurance in healthy elderly men. *J. Strength Cond. Res.* 25(4):997-1003, 2011b.
- CADORE, E.L.; IZQUIERDO, M.; ALBERTON, C.L.; PINTO, R.S.; CONCEIÇÃO, M.; CUNHA, G.; RADAELLI, R.; BOTTARO, M.; TRINDADE, G.T.; KRUEL, L.F. Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular and cardiovascular gains in elderly men. *Exp. Gerontol.* 47(6):164-169, 2012a.
- CADORE, E.L.; IZQUIERDO, M.; PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; PINTO, R.S.; BARONI, B.M.; VAZ, M.A.; LANFERDINI, F.J.; RADAELLI, R.; GONZÁLEZ-IZAL, M.; BOTTARO, M.; KRUEL, L.F. Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence. *Age.* 2012b. [Epub ahead of print]
- CADORE, E.L.; IZQUIERDO, M. How to simultaneously optimize muscle strength, power, functional capacity, and cardiovascular gains in the elderly: an update. *Age.* 2013. [Epub ahead of print]
- 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.
- CHILIBECK, P.D.; STRIDE, D.; FARTHING, J.P.; BURKE, D.G. Effect of creatine ingestion after exercise on muscle thickness in males e females. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36(10):1781-1788, 2004.
- CHRISTENSEN, K.; DOBLHAMMER, G.; RAU, R.; VAUPEL, J.W. Ageing populations: the challenges ahead. *Lancet* 374(9696):1196-1208, 2009.

CHTARA, M.; CHAMARI, K.; CHAOUACHI, M.; CHAOUACHI, A.; KOUBAA, D.; FEKI, Y.; MILLET, G.P.; AMRI, M. Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *Br. J. Sports Med.* 39(8):555-560, 2005.

CHTARA, M.; CHAOUACHI, A.; LEVIN, G.T.; CHAOUACHI, M.; CHAMARI, K.; AMRI, M.; LAURSEN, P.B. Effect of concurrent endurance and circuit resistance training sequence on muscular strength and power development. *J. Strength Cond. Res.* 22(4):1037-1045, 2008.

COLADO, J.C.; TELLA, V.; TRIPLETT, N.T.; González, L.M. Effects of short-term aquatic resistance program on strength and body composition in fit young men. *J. Strength Cond. Res.* 23(2):549-559, 2009a.

COLADO, J.C.; TRIPLETT, N.T.; TELLA, V.; SAUCEDO, P.; ABELLÁN, J. Effects of aquatic resistance training on health and fitness in postmenopausal women. *Eur. J. Appl. Physiol.* 106(1):113-122, 2009b.

COSTA, R.R. **Efeitos agudos e crônicos do treinamento em hidrogenástica no perfil lipídico e na enzima lipase lipoprotéica de mulheres pré-menopáusicas dislipidêmicas.** Porto Alegre, 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DAVIS, J.A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17(1):6-21, 1985.

DAVIS, J.W.; WOOD, D.T.; ANDREWS, R.G.; ELKIND, L.M.; DAVIS, W.B. Concurrent training enhances athletes' strength, muscle endurance, and other measures. *J. Strength Cond. Res.* 22(5):1487-1552, 2008.

DeLUCA, C.J. The use of electromyography in biomechanics. *J. Appl. Biomec.* 13:135-163, 1997.

DEVEREUX, K.; ROBERTSON, D.; BRIFFA, N.K. Effects of a water-based program on women 65 years and over: a randomised controlled trial. *Aust. J. Physiother.* 51(2):102-108, 2005.

DOCHERTY, D.; SPORER, B. A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports. Med.* 30(6):385-394, 2000.

DOLEZAL, B.A.; POTTEIGER, J.A. Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. *J. Appl. Physiol.* 85(2):695-700, 1998.

DUNCAN, K.; POZEHL, B.; NORMAN, J.F.; HERTZOG, M. A self-directed adherence management program for patients with heart failure completing combined aerobic and resistance exercise training. *Appl. Nurs. Res.* 24(4):207-214, 2011.

ELBAR, O.; TZEDEK, I.; VERED, E.; SHVARTH, G.; FRIGER, M.; MELZER, I. A water-based training program that includes perturbation exercises improves speed of voluntary stepping in older adults: a randomized controlled cross-over trial. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 56(1):134-140, 2013.

FLEG, J.L.; LAKATTA, E.G. Role of muscle loss in the age- associated reduction in  $VO_{2max}$ . *J. Appl. Physiol.* 65(3):1147-1151, 1988.

FRONTERA, W.R.; MEREDITH, C.N.; O'REILLY, K.P.; EVANS, W.J. Strength training and determinants of  $VO_{2max}$  in older men. *J. Appl. Physiol.* 68(1):329-333, 1990.

FUKUNAGA, T.; MIAYATANI, M.; TACHI, M.; KOUZAKI, M.; KAWAKAMI, Y.; KANEHISA, H. Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. *Acta Physiol. Scand.* 172(4): 249-255, 2001.

GARCÍA-PALLARES, J.; IZQUIERDO, M. Strategies to optimize concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. *Sports Med.* 41(4): 329-343, 2011.

GASTIN, P.B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med.* 31(10):725-741, 2001.

GRAEF, F.I.; PINTO, R.S.; ALBERTON, C.L.; de LIMA, W.C.; KRUEL, L.F.M. The effects of resistance training performed in water on muscle strength in the elderly. *J. Strength Cond. Res.* 24(11):3150-3156, 2010.

GRAVELLE, B.L.; BLESSING, D.L. Physiological adaptation in women concurrently training for strength and endurance. *J. Strength Cond. Res.* 14(1):5-13, 2000.

HÄKKINEN, K.; ALEN, M.; KRAEMER, W.J.; GOROSTIAGA, E.; IZQUIERDO, M.; RUSKO, H.; MIKKOLA, J.; HÄKKINEN, A.; VALKEINEN, H.; KAARAKAINEN, E.; ROMU, S.; EROLA, V.; AHTIAINEN, J.; PAAVOLAINEN, L. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *J. Appl. Physiol.* 89(1):42-52, 2003a.

HÄKKINEN, A.; HANNONEN, P.; NYMAN, K.; LYYSKI, T.; HÄKKINEN, K. Effects of concurrent strength and endurance training in women with early or longstanding rheumatoid arthritis: comparison with healthy subjects. *Arthritis Rheum.* 49(6):789-797, 2003b.

HALE, L.A.; WATERS, D.; HERBISON, P. A randomized controlled trial to investigate the effects of water-based exercise to improve falls risk and physical function in older adults with lower-extremity osteoarthritis. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 93(1):27-34, 2012.

HERMENS, H.J.; FRERIKS, B.; MERLETTI, R.; STEGEMAN, D.; BLOK, J.; RAU, G.; DISSELHORST-KLUG, C.; HÄGG, G. European recommendations for surface electromyography: results of the SENIAM project 2nd ed. Roessingh Research and Development. 1999.

HOLVIALA, J.; HÄKKINEN, A.; KARAVIRTA, L.; NYMAN, K.; IZQUIERDO, M.; GOROSTIAGA, E.M.; AVELA, J.; KORHONEN, J.; KNUUTILA, V-P.; KRAEMER, W.J.; HÄKKINEN, K. Effects of combined strength and endurance training on treadmill load carrying walking performance in aging men. *J. Strength Cond. Res.* 24(6):1584-1595, 2010.

HOLVIALA, J.; KRAEMER, W.J.; SILLAMPÄÄ, E.; KARPINEN, H.; AVELA, J.; KAUKHANEN, A.; HÄKKINEN, A.; HÄKKINEN, K. Effects of strength, endurance and combined training on muscle strength, walking speed and dynamic balance in aging men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 112(4):1335-1347, 2012.

HOWLEY, E.T.; BASSETT Jr., D.R.; WELCH, H.G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27(9):1292-1301, 1995.

HUG, F.; DECHERCHI, P.; NARQUESTE, T.; JAMMES, Y. EMG versus oxygen uptake during cycling exercise in trained and untrained subjects. *J. Electromyogr. Kinesiol.* 14(2):187-195, 2004.

IZQUIERDO, M.; HÄKKINEN, K.; ANTÓN, A.; GARRUES, M.; IBAÑEZ, J.; RUESTA, M.; GOROSTIAGA, E.M. Maximal strength and power, endurance performance, and serum hormones in middle-aged and elderly men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(9):1577-1587, 2001.

IZQUIERDO, M.; HÄKKINEN, K.; IBANEZ, J.; ANTÓN, A.; GARRUÉS, M.; RUESTA, M.; GOROSTIAGA, E.M. Effects of strength training on submaximal and maximal endurance performance capacity in middle-aged and older men. *J. Strength Cond. Res.* 17(1):129-139, 2003.

IZQUIERDO, M.; IBAÑEZ, J.; HÄKKINEN, K.; KRAEMER, W.J.; LARRIÓN, J.L.; GOROSTIAGA, E.M. Once weekly combined resistance and cardiovascular training in healthy older men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36(3):435-443, 2004.

IZQUIERDO, M.; HÄKKINEN, K.; IBAÑEZ, J.; KRAEMER, W.J.; GOROSTIAGA, E.M. Effects of combined resistance and cardiovascular training on strength, power, muscle cross-sectional area, and endurance markers in middle-aged men. *Eur. J. Appl. Physiol.* 94(1-2):70-75, 2005.

JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L.; WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 12(3):175-182, 1980.

KARAVIRTA, L.; TULPPO, M.P.; LAAKSONEN, D.E.; NYMAN, K.; LAUKKANEN, R.T.; KINNUNEN, H.; HÄKKINEN, A.; HÄKKINEN, K. Heart rate dynamics after combined endurance and strength training in older men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 41(7):1436-1443, 2009.

KARAVIRTA, L.; HÄKKINEN, A.; SILLANPÄÄ, E.; GARCIA-LOPEZ, D.; KAUKANEN, A.; HAAPASAARI, A.; ALÉN, M.; PAKARINEN, A.; KRAEMER, W.J.; IZQUIERDO, M.; GOROSTIAGA, E.M.; HÄKKINEN, K. Effects of combined endurance and strength training on muscle strength, power and hypertrophy in 40–67-year-old men. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 21(3):402-411, 2011.

KATSURA, Y.; YOSHIKAWA, T.; UEDA, S.Y.; USUI, T.; SOTOBAYASHI, D.; NAKAO, H.; SAKAMOTO, H.; OKUMOTO, T.; FUJIMOTO, S. Effects of aquatic exercise training using water-resistance equipment in elderly. *Eur. J. Appl. Physiol.* 108(5):957-964, 2010.

KORHONEN, M.T.; MERO, A.A.; ALÉN, M.; SIPILÄ, S.; HÄKKINEN, K.; LIIKAVAINIO, T.; VIITASALO, J.T.; HAVERINEN, M.T.; SUOMINEN, H. Biomechanical and skeletal muscle determinants of maximum running speed with aging. *Med. Sci. Sports Exerc.* 41(4):844-856, 2009.

KRAEMER, W.J.; PATTON, J.F.; GORDON, S.E.; HARMAN, E.A.; DESCHENES, M.R.; REYNOLDS, K.; NEWTON, R.U.; TRIPPLET, N.T.; DZIADOS, J.E. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J. Appl. Physiol.* 78(3):976-989, 1995.

KRUEL, L.F.M; BARELLA, R.E.; GRAEF, F.; BRENTANO, M.A.; FIGUEIREDO, P.P.; CARDOSO, A.; SEVERO, C.R. Efeitos de um treinamento de força aplicado em mulheres praticantes de hidroginástica. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício.* 4(1):32-38, 2005.

KUMAGAI, K.; ABE, T.; BRECHUE, W.F.; RYUSHI, T.; TAKANO, S.; MIZUNO, M. Sprint performance is related with muscle fascicle length in male 100m-sprinters. *J. Appl. Physiol.* 88(3):811-816, 2000.

LEVERITT, M.; ABERNETHY, P.J.. Acute effects of high-intensity endurance exercise on subsequent resistance activity. *J. Strength Cond. Res.* 13(1):47-51, 1999.

MEREDITH-JONES, K.; WATERS, D.; LEGGE, M.; JONES, L. Upright water-based exercise to improve cardiovascular and metabolic health: a qualitative review. *Complement. Ther. Med.* 19(2):93-103, 2011.

McCARTHY, J.P.; POZNIAK, M.A.; AGRE, J.C. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34(3):511-519, 2002.

MIYATANI, M.; KANEHISA, H.; KUNO, S.; NISHIJIMA, T.; FUKUNAGA, T. Validity of ultrasonograph muscle thickness measurements for estimating muscle volume of knee extensors in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 86(3):203-208, 2002.

MOREIRA, L.D.F.; FRONZA, F.C.A.O.; DOS SANTOS, R.N.; TEIXEIRA, L.R.; KRUEL, L.F.M.; LAZARETTI-CASTRO, M. High-intensity aquatic exercises (HydrOS) improve physical function and reduce falls among postmenopausal women. *Menopause.* 2013. [Epub ahead of print]

MOTL, R.W.; SMITH, D.C.; ELLIOTT, J.; WEIKERT, M.; DLUGONSKI, D.; SOSNOFF, J.J. Combined training improves walking mobility in persons with significant disability from multiple sclerosis: a pilot study. *J. Neurol. Phys. Ther.* 36(1):32-37, 2012.

NARICI, M.V.; ROI, G.S.; LANDONI, L.; MINETTI, A.E.; CERRETELLI, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur. J. Appl. Physiol.* 59(4):310-319, 1989.

PETRICK, M.; PAULSEN, T.; GEORGE, J. Comparison between quadriceps muscle strengthening on land and in water. *Physiotherapy.* 87(6):310-317, 2001.

PINTO, R.S. **Adaptações metabólicas, cardio-respiratórias, neuromusculares e na composição corporal de mulheres pré-menopáusicas e com excesso de peso em resposta ao treino físico sistemático.** Tese de Doutorado. Faculdade técnica de Lisboa, Faculdade de motricidade humana, julho, 2007.

PINTO, L.G.; DIAS, R.M.R.; SALVADOR, E.P.; JÚNIOR, A.F.; LIMA, C.V.G. Efeito da utilização de bandas elásticas durante aulas de hidroginástica na força muscular de mulheres. *Rev. Bras. Med. Esporte* 14(5):450-453, 2008.

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(12):916-923, 2011.

PÖYHÖNEN, T.; KYROLAINEN, H.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Electromyographic and kinematic analysis of therapeutic knee exercises under water. *Clin. Biomech.* 16:496-504, 2001.

PÖYHÖNEN, T.; SIPILÄ, S.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Effects of aquatic resistance training on neuromuscular performance in healthy women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34(12):2103-2109, 2002.

PUTMAN, C.T.; XU, X.; GILLIES, E.; MACLEAN, I.M.; BELL, G.J. Effects of strength, endurance and combined training on myosin heavy chain content and fiber-type distribution in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 92(4-5):376-384, 2004.

RICA, R.L.; CARNEIRO, R.M.; SERRA, A.J.; RODRIGUEZ, D.; PONTES JUNIOR, F.L.; BOCALINI, D.S. Effects of water-based exercise in obese older women: Impact of short-term follow-up study on anthropometric, functional fitness and quality of life parameters. *Geriatr. Gerontol. Int.* 13(1):209-214, 2013.

RIKLI, R.E., JONES, C.J. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *J. Aging Phys. Act.* 7:129-161, 1999.

SALE, D.G.; JACOBS, I.; MACDOUGALL, J.D.; GARNER S. Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22(3):348-356, 1990.

SATO, D.; KANEDA, K.; WAKABAYASHI, H.; NOMURA, T. Comparison of 2-year effects of once and twice weekly water exercise on activities of daily living ability of community dwelling frail elderly. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 49(1):123-128, 2009.

SCHOENELL, M.C.W. **Efeitos de diferentes programas de treinamento de força no meio aquático com diferentes volumes nas adaptações neuromusculares de mulheres jovens.** Porto Alegre, 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SCHOENFELD, B.J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J. Strength Cond. Res.* 24(10):2857-2872, 2010.

SILLAMPÄÄ, E.; HÄKKINEN, A.; NYMAN, K.; CHENG, S.; KARAVIRTA, L.; LAAKSONEN, D.E.; HUUHKA, N.; KRAEMER, W.J.; HÄKKINEN, K. Body composition and fitness during strength and/ or endurance training in older men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 40(5):950-958, 2008.

SILLAMPÄÄ, E.; HÄKKINEN, A.; PUNNONEN, K.; HÄKKINEN, K.; LAAKSONEN, D.E. Effects of strength and endurance training on metabolic risk factors in healthy 40–65-year-old men. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 19(6):885-895, 2009a.

SILLANPÄÄ, E.; LAAKSONEN, D.E.; HÄKKINEN, A.; KARAVIRTA, L.; JENSEN, B.; KRAEMER, W.J.; NYMAN, K.; HÄKKINEN, K. Body composition, fitness, and metabolic health during strength and endurance training and their combination in middle-aged and older women. *Eur. J. Appl. Physiol.* 106(2):285-296, 2009b.

SILVA, R.F.; CADORE, E.L.; KOTHE, G.; GUEDES, M.; ALBERTON, C.L.; PINTO, S.S.; PINTO, R.S.; TRINDADE, G.; KRUEL, L.F. Concurrent training with different aerobic exercises. *Int. J. Sports Med.* 33(8):627-634, 2012.

SIRI, W.E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. *Nutrition.* 9(5):480-491, 1993.

SNIJDERS, T.; VERDIJK, L.B.; van LOON, L.J.C. The impact of sarcopenia and exercise training on skeletal muscle satellite cells. *Ageing Res. Rev.* 8(4):328-338, 2009.

SOUZA, A.S.; RODRIGUES, B.M.; HIRSHAMMANN, B.; GRAEF, F.I.; TIGGEMANN, C.L.; KRUEL, L.F.M. Treinamento de força no meio aquático em mulheres jovens. *Motriz.* 16(3):649-657, 2010.

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.

TAUNTON, J.E.; RHODES, E.C.; WOLSKI, L.A.; DONELLY, M.; WARREN, J.; ELLIOT, J.; McFARLANE, L.; LESLIE, J.; MITCHELL, J.; LAURIDSEN, B. Effect of land-based and water-based fitness programs on the cardiovascular fitness, strength and flexibility of woman aged 65-75 years. *Gerontology.* 42(4):204-210, 1996.

TORMEN, M.L.S. **Efeitos do treinamento e destreinamento em hidroginástica na redução de riscos cardiovasculares e ósteo-musculares.** Porto Alegre, 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TSOURLOU, T.; BENIK, A.; DIPLA, K.; ZAFEIRIDIS, A.; KELLIS, S. The effects of a twenty-four-week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *J. Strength Cond. Res.* 20(4):811-818, 2006.

UMPIERRE, D.; RIBEIRO, P.A.; KRAMER, C.K.; LEITÃO, C.B.; ZUCATTI, A.T.; AZEVEDO, M.J.; GROSS, J.L.; RIBEIRO, J.P.; SCHAAN, B.D. Physical activity

advice only or structured exercise training and association with HbA1c levels in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *JAMA* 305(17):1790-1799, 2011.

VALKEINEN, H.; ALÉN, M.; HÄKKINEN, A.; HANNONEN, P.; KUKKONEN-HARJULA, K.; HÄKKINEN, K. Effects of concurrent strength and endurance training on physical fitness and symptoms in postmenopausal women with fibromyalgia: a randomized controlled trial. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 89(9):1660-1666, 2008.

VOLAKLIS, K.A.; SPASSIS, A.T.; TOKMAKIDIS, S.P. Land versus water exercise in patients with coronary artery disease: effects on body composition, blood lipids, and physical fitness. *Am. Heart J.* 154(3):560e1-560e6, 2007.

WALLER, B.; MUNUKKA, M.; MULTANEN, J.; RANTALAINEN, T.; PÖYHÖNEN, T.; NIEMINEN, M.T.; KIVIRANTA, I.; KAUTIAINEN, H.; SELÄNNE, H.; DEKKER, J.; SIPILÄ, S.; KUJALA, U.M.; HÄKKINEN, A.; HEINONEN, A. Effects of a progressive aquatic resistance exercise program on the biochemical composition and morphology of cartilage in women with mild knee osteoarthritis: protocol for a randomised controlled trial. *BMC Musculoskelet. Disord.* 14:82, 2013.

WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J.; KOYAL, S.N.; BEAVER, W.L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J. Appl. Physiol.* 35:236-243, 1973.

WOOD, R.H.; REYES, R.; WELSCH, M.A.; FAVAROLO-SABATIER, J.; SABATIER, M.; LEE, C.M.; JOHNSON, L.G.; HOOPER, P.F. Concurrent cardiovascular and resistance training in healthy older adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(10):1751-1758, 2001.

## 7 ANEXOS

### 7.1 ANEXO A

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

Eu entendo que participarei como sujeito do estudo intitulado “**EFEITOS DE UM TREINAMENTO CONCORRENTE NA HIDROGINÁSTICA NAS VARIÁVEIS NEUROMUSCULARES E CARDIORRESPIRATÓRIAS DE MULHERES JOVENS E PÓS-MENOPÁUSICAS**”, que envolverá a avaliação da composição corporal (percentual de gordura do corpo), do torque muscular isométrico e isocinético, da ativação muscular, do consumo máximo de oxigênio avaliado através de um teste máximo em esteira e no meio aquático, de saltos e da quantidade de massa muscular da coxa, através de ultrasonografia. Estou ciente que todos esses testes serão realizados antes e após um treinamento físico de 12 semanas, envolvendo exercícios aeróbicos e de força na hidroginástica, os quais serão realizados duas vezes por semana durante esse período. Esses testes que realizarei são parte desse estudo e terão a finalidade de investigar a influência da execução do treinamento aeróbico na hidroginástica antes e após a realização de exercícios de força também no meio aquático sobre diferentes variáveis relacionadas à aptidão física de mulheres jovens e pós-menopáusicas.

Eu, por meio desta, autorizo Luiz Fernando Martins Krueel, Stephanie Santana Pinto, bolsistas ou profissionais selecionados para realizar os seguintes procedimentos:

- a. Aplicar-me um treinamento concorrente na hidroginástica (Aeróbico e Força ou Força e Aeróbico) durante 12 semanas, 2 vezes por semana, na presença de profissionais de Educação Física habilitados para orientação do treinamento.
- b. Aplicar-me testes de consumo máximo de oxigênio, que serão realizados em esteira no meio terrestre e também no meio aquático através do exercício de corrida estacionária, com aumento da intensidade a cada minuto, até que ocorra minha interrupção voluntária.
- c. Aplicar-me testes de força muscular dinâmica máxima em dois exercícios de musculação.
- d. Aplicar-me testes de torque isométrico e isocinético antes e após 12 semanas de treinamento.
- e. Medir a altura dos meus saltos antes e após 12 semanas de treinamento.
- f. Mensurar minha espessura muscular, nos músculos da coxa, através de ultrasonografia.

#### **Nos testes de força dinâmica máxima e torque muscular:**

Estão envolvidos os seguintes riscos e desconfortos: dor e cansaço muscular temporário.

#### **Nos testes de esforço máximo (teste em esteira no meio terrestre e corrida estacionária no meio aquático):**

- a. Eu estarei respirando através de uma máscara, na qual estará anexado um analisador de gases.
- b. Estão envolvidos os seguintes riscos e desconfortos: dor e cansaço muscular temporário. Há a

possibilidade de mudanças anormais da minha frequência cardíaca e pressão sanguínea ou mesmo um ataque do coração durante os testes. Porém, eu entendo que minha frequência cardíaca será monitorada durante todos os testes de laboratório através de um eletrocardiógrafo, e que eu posso terminar o teste em qualquer momento sob meu critério.

c. Estará presente um médico responsável, além de estar disponível, no laboratório, uma linha telefônica para a Assistência Médica de Emergência (SAMU 192).

**Dos procedimentos de testes:**

a. Os procedimentos expostos acima tem sido explicados para mim por Luiz Fernando Martins Krueel e/ou seus orientandos, Stephanie Santana Pinto e bolsistas selecionados;

b. Luiz Fernando Martins Krueel e/ou seus orientandos, Stephanie Santana Pinto e bolsistas e professores, irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo a esses procedimentos;

c. Todos os dados relativos a minha pessoa irão ficar confidenciais e disponíveis apenas sob minha solicitação escrita. Além disso, eu entendo que no momento da publicação, não irá ser feita associação entre os dados publicados e a minha pessoa;

d. Não haverá compensação financeira pela minha participação neste estudo;

e. Poderei fazer contato com o orientador do estudo Professor Doutor Luiz Fernando Martins Krueel, e sua orientanda Stephanie Santana Pinto, para quaisquer problemas referentes a minha participação no estudo ou se eu sentir que há uma violação dos meus direitos, através dos telefones: (51) 3308-5820 (Laboratório de Pesquisa do Exercício)

(51) 3308-3629 (Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS)

f. Durante a investigação, a qualquer instante durante os testes, eu tenho o direito de me recusar a prosseguir com os mesmos.

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

h. Estou ciente de que não haverá um médico presente em todos os treinos.

Porto Alegre \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2011.

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

Assinatura do participante: \_\_\_\_\_

**CONSENTIMENTO PARA FOTOGRAFIAS**

Eu, \_\_\_\_\_ permito que os pesquisadores obtenham fotografias de minha pessoa para fins de pesquisa. Eu concordo que o material obtido possa ser publicado em aulas, congressos, palestras ou periódicos científicos. Porém, a minha pessoa não deve ser identificada por nome em qualquer uma das vias de publicação ou uso.

As fotografias ficarão sob propriedades e guarda dos pesquisadores do GPAT, sob orientação do Prof Dr. Luiz Fernando Martins Krueel e doutoranda Stephanie Santana Pinto.

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

## 7.2 ANEXO B

Tabela 16 – Valores dos poderes estatísticos (fatores: tempo, grupo e grupo\*tempo), obtidos no teste ANOVA de medidas repetidas com fator grupo, das variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias do grupo de mulheres jovens (Estudo I).

Variáveis	Poderes estatísticos (%)		
	Tempo	Grupo	Grupo*Tempo
1RM FLEC	99,9	5,1	6,2
1RM EXC	99,9	7,1	21,8
1RM FLEJ	99,9	10,1	18,2
1RM EXJ	99,9	13,8	84,7
PT FLEC	70,4	57,9	10,5
PT EXC	33,1	89,2	7,8
PT FLEJ	99,9	40,2	5,2
PT EXJ	99,9	9,7	15,9
TPF <sub>50ms</sub> EXJ	79,0	5,0	21,8
TPF <sub>100ms</sub> EXJ	81,3	5,4	27,3
TPF <sub>250ms</sub> EXJ	95,6	8,3	5,3
TPF <sub>máx</sub> EXJ	89,5	5,1	17,7
EMG BB	67,7	46,4	18,2
EMG TB	41,7	7,6	44,2
EMG BF	8,6	47,8	5,7
EMG ST	25,0	81,5	5,1
EMG VL	76,2	11,4	7,1
EMG RF	13,2	37,9	5,0
EMG BB 40%	55,0	24,4	9,4
EMG BB 80%	34,2	8,5	5,3
EMG VL 40%	99,6	5,0	5,4
EMG VL 80%	99,7	13,0	18,1
EMG RF 40%	36,4	14,2	17,2
EMG RF 80%	63,0	29,8	14,5
EM BB	99,6	5,7	33,0
EM BR	99,7	6,4	20,6
EM VL	99,9	5,2	59,8
EM VM	99,9	5,0	27,4
EM VI	99,9	9,2	89,2
EM RF	99,9	13,1	46,3
SJ	43,6	10,2	34,4
CMJ	57,9	11,1	5,0
VO <sub>2pico</sub>	99,2	19,1	6,3
VO <sub>2LV1</sub>	70,0	5,9	14,7
VO <sub>2LV2</sub>	22,1	11,6	6,6
%VO <sub>2pico</sub> LV1	5,0	14,5	34,2
%VO <sub>2pico</sub> LV2	9,7	5,5	8,1

1RM FLEC, 1RM EXC, 1RM FLEJ, 1RM EXJ: uma repetição máxima dos flexores do cotovelo, extensores do cotovelo, flexores de joelho e extensores de joelho; PT FLEC, PT EXC, PT FLEJ, PT EXJ: pico de torque isométrico dos flexores do cotovelo, extensores do cotovelo, flexores de joelho e extensores de joelho; TPF<sub>50ms</sub> EXJ, TPF<sub>100ms</sub> EXJ, TPF<sub>250ms</sub> EXJ, TPF<sub>máx</sub> EXJ: taxa de produção de força isométrica dos extensores de joelho em 50ms, 100ms, 250ms e máxima. EMG BB, EMG TB, EMG BF, EMG ST, EMG VL, EMG RF: atividade eletromiográfica isométrica máxima dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial, bíceps femoral, semitendinoso, vasto lateral e reto femoral. EMG BB 40%, EMG BB 80%, EMG VL 40%, EMG VL 80%, EMG RF 40%, EMG RF 80%: atividade eletromiográfica isométrica submáxima em 40 e 80% da contração isométrica voluntária máxima dos músculos bíceps braquial, vasto lateral e reto femoral. EM BB, EM BR, EM VL, EM VM, EM VI, EM RF: espessura muscular do bíceps braquial, braquial, vasto lateral, vasto medial, vasto intermédio e reto femoral; SJ, CMJ: altura do *squat jump* e *countermovement jump*. VO<sub>2pico</sub>, VO<sub>2LV1</sub>, VO<sub>2LV2</sub>, %VO<sub>2pico</sub> LV1, %VO<sub>2pico</sub> LV2: consumo de oxigênio de pico, consumo de oxigênio correspondente ao primeiro limiar ventilatório, consumo de oxigênio correspondente ao segundo limiar ventilatório, percentual do consumo de oxigênio de pico correspondente ao primeiro limiar ventilatório e percentual do consumo de oxigênio de pico correspondente ao segundo limiar ventilatório.

### 7.3 ANEXO C

Tabela 16 – Valores dos poderes estatísticos (fatores: tempo, grupo e grupo\*tempo), obtidos no teste ANOVA de medidas repetidas com fator grupo, das variáveis neuromusculares e cardiorrespiratórias do grupo de mulheres pós-menopáusicas (Estudo II).

Variáveis	Poderes estatísticos (%)		
	Tempo	Grupo	Grupo*Tempo
IRM FLEC	96,6	23,2	9,6
IRM EXC	99,9	16,4	36,3
IRM FLEJ	44,2	11,9	9,9
IRM EXJ	99,9	19,8	84,3
PT FLEJ	99,9	9,2	8,2
PT EXJ	99,1	15,4	15,5
TPF <sub>50ms</sub> EXJ	61,7	7,8	45,5
TPF <sub>100ms</sub> EXJ	69,4	5,1	19,7
TPF <sub>250ms</sub> EXJ	86,4	6,0	11,0
TPF <sub>máx</sub> EXJ	76,0	5,1	17,6
EMG BF	23,2	11,7	8,0
EMG ST	48,2	5,0	5,4
EMG VL	68,0	7,1	7,3
EMG RF	97,3	8,5	5,1
EMG VL 40%	48,4	19,9	5,6
EMG VL 80%	27,7	19,4	6,5
EMG RF 40%	91,0	5,8	5,5
EMG RF 80%	47,0	5,0	13,8
EM BB	99,9	6,4	16,5
EM BR	99,9	19,7	19,4
EM VL	99,9	6,6	5,1
EM VM	99,9	60,0	7,0
EM VI	99,9	79,3	15,1
EM RF	99,9	88,3	45,4
SJ	8,8	22,5	7,4
CMJ	12,9	21,6	29,9
VO <sub>2pico</sub>	15,6	40,4	9,7
VO <sub>2LV1</sub>	34,2	24,2	5,4
VO <sub>2LV2</sub>	62,7	38,9	6,7
%VO <sub>2pico</sub> LV1	19,1	8,5	6,7
%VO <sub>2pico</sub> LV2	60,5	6,4	5,8

IRM FLEC, IRM EXC, IRM FLEJ, IRM EXJ: uma repetição máxima dos flexores do cotovelo, extensores do cotovelo, flexores de joelho e extensores de joelho; PT FLEJ, PT EXJ: pico de torque isométrico dos flexores de joelho e extensores de joelho; TPF<sub>50ms</sub> EXJ, TPF<sub>100ms</sub> EXJ, TPF<sub>250ms</sub> EXJ, TPF<sub>máx</sub> EXJ: taxa de produção de força isométrica dos extensores de joelho em 50ms, 100ms, 250ms e máxima. EMG BF, EMG ST, EMG VL, EMG RF: atividade eletromiográfica isométrica máxima dos músculos bíceps femoral, semitendinoso, vasto lateral e reto femoral. EMG VL 40%, EMG VL 80%, EMG RF 40%, EMG RF 80%: atividade eletromiográfica isométrica submáxima em 40 e 80% da contração isométrica voluntária máxima dos músculos vasto lateral e reto femoral. EM BB, EM BR, EM VL, EM VM, EM VI, EM RF: espessura muscular do bíceps braquial, braquial, vasto lateral, vasto medial, vasto intermédio e reto femoral; SJ, CMJ: altura do *squat jump* e *countermovement jump*. VO<sub>2pico</sub>, VO<sub>2LV1</sub>, VO<sub>2LV2</sub>, %VO<sub>2pico</sub> LV1, %VO<sub>2pico</sub> LV2: consumo de oxigênio de pico, consumo de oxigênio correspondente ao primeiro limiar ventilatório, consumo de oxigênio correspondente ao segundo limiar ventilatório, percentual do consumo de oxigênio de pico correspondente ao primeiro limiar ventilatório e percentual do consumo de oxigênio de pico correspondente ao segundo limiar ventilatório.

## 7.4 ANEXO D

# Effects of Intra-session Exercise Sequence during Water-based Concurrent Training

## Authors

S. S. Pinto<sup>1</sup>, E. L. Cadore<sup>1</sup>, C. L. Alberton<sup>1</sup>, P. Zaffari<sup>1</sup>, N. C. Bagatini<sup>1</sup>, B. M. Baroni<sup>1</sup>, R. Radaelli<sup>1</sup>, F. J. Lanferdini<sup>1</sup>, J. C. Colado<sup>2</sup>, R. S. Pinto<sup>3</sup>, M. A. Vaz<sup>1</sup>, M. Bottaro<sup>4</sup>, L. F. M. Krueh<sup>3</sup>

## Affiliations

<sup>1</sup>School of Physical Education, Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, Brazil

<sup>2</sup>Physical Education and Sports, University of Valencia, Valencia, Spain

<sup>3</sup>Exercise Research Laboratory, Physical Education School, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil

<sup>4</sup>College of Physical Education, University of Brasília, Brasília, Brazil

## Key words

- maximal dynamic strength
- isometric peak torque
- muscle thickness electromyography
- resistance exercise
- aerobic exercise

## Abstract

The aim was to investigate the effects of the intra-session exercise order during water-based concurrent training on the neuromuscular adaptations in young women. 26 women ( $25.1 \pm 2.9$  years) were placed into 2 groups: resistance prior to (RA) or after (AR) aerobic training. Subjects performed resistance (sets at maximal effort) and aerobic training (exercises at heart rate corresponding to the second ventilatory threshold) twice a week over 12 weeks, performing both exercise types in the same training session. Upper (elbow flexion) and lower-body (knee extension) one-repetition maximum test (1RM) and peak torque (PT) were evaluated. The muscle thickness (MT) of upper (sum of MT of *biceps brachii* and *brachialis*) and lower-body (sum of MT of *vastus lateralis*, *vastus medialis*, *vastus inter-*

*medius*, and *rectus femoris*) was determined by ultrasonography. Moreover, the maximal electromyographic activity (EMG) of upper (*biceps brachii*) and lower-body (sum of EMG of *vastus lateralis* and *rectus femoris*) was measured. Both RA and AR groups increased the upper and lower-body 1RM and PT, while the lower-body 1RM increases observed in the RA was greater than AR ( $43.58 \pm 14.00$  vs.  $27.01 \pm 18.05\%$ ). RA and AR showed MT increases in all muscles evaluated, while the lower-body MT increases observed in the RA were also greater than AR ( $10.24 \pm 3.11$  vs.  $5.76 \pm 1.88\%$ ). There were increases in the maximal EMG of upper and lower-body in both RA and AR, with no differences between groups. Performing resistance prior to aerobic exercise during water-based concurrent training seems to optimize the lower-body strength and hypertrophy.

accepted after revision  
March 30, 2013

## Bibliography

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1345129>  
Int J Sports Med 2013; 34: 1–8 © Georg Thieme  
Verlag KG Stuttgart · New York  
ISSN 0172-4622

## Correspondence

**Stephanie Santana Pinto**  
School of Physical Education  
Federal University of Rio  
Grande do Sul (UFRGS)  
750<sup>th</sup>  
Felizardo Street – Jardim  
Botânico  
Porto Alegre  
Brazil  
90690-200  
Tel.: +55/51/3308 5820  
Fax: +55/51/3308 5843  
tetisantana@yahoo.com.br

## Introduction

It has been shown that the water-based exercise promotes both cardiovascular and neuromuscular gains [42]. Intermittent water-based exercise performed at the maximal velocity of motion optimizes the neuromuscular effects [16,33], whereas continuous water-based exercise performed at submaximal velocity of motion emphasizes the cardiorespiratory gains [42,43]. Thus, water-based exercise training improves various parameters related to physical health in healthy subjects [13,41], and in subjects with musculoskeletal [36] and cardiovascular-related restrictions [44].

Resistance and aerobic training have specific cardiovascular and neuromuscular adaptations that are different in nature. The primary adaptations to resistance training include enhanced strength performance [8] and muscle hypertrophy [26], while maximal oxygen uptake ( $VO_{2max}$ ) remains

unaltered. In contrast, aerobic training induces central and peripheral adaptations that enhance  $VO_{2max}$  with no increase in muscle strength or hypertrophy [18]. Thus, the combination of resistance and aerobic training (i.e., concurrent training) has an important role in promoting health and enhancing functional capacity because it improves both neuromuscular and cardiovascular function [8,24,29,38,39]. Several studies have shown that the concurrent training produces lower magnitude of strength gains when compared with those observed with strength training alone. This phenomenon has been called “interference effect” [6,8,15,26,35]. Among the factors that determine the occurrence of the interference effect are the intensity, volume and order of exercises during the concurrent training session (i.e., resistance-aerobic or aerobic-resistance). Recently, Cadore et al. [10] observed greater maximal strength gains when the resistance training was performed prior to

aerobic training performed on a cycle ergometer, when compared to the inverse order (35 vs. 22%). However, increases in the maximal electromyographic activity (EMG) of the *vastus lateralis* and *rectus femoris* muscles were similar in both orders of concurrent training (i.e., resistance-aerobic or aerobic-resistance), suggesting that both groups may be an optimal stimulus to enhance the neuromuscular activity.

In the aquatic environment, only one study has examined the effects of concurrent training on the different neuromuscular variables [43]. In the study of Tsourlou et al. [43] the aerobic training was performed before the resistance training. Thus, to the best of the authors' knowledge, no study has attempted to investigate the effects of intra-session exercise sequence manipulation (i.e., resistance-aerobic or aerobic-resistance) on the cardiovascular and neuromuscular gains induced by water-based exercise training. Therefore, in order to improve the knowledge available for the prescription of water-based training, it would be interesting to determine what the most effective exercise order to promote the greater magnitude of neuromuscular adaptations induced by concurrent training performed in water. Thus, the aim of this study was to investigate the effects of the intra-session exercise order during water-based concurrent training on the neuromuscular adaptations in young women. Based on a previous study that investigated the effects of the intra-session exercise order on dry land [10], our hypothesis was that performing resistance exercises before aerobic exercises would result in greater neuromuscular adaptations than in the opposite sequence (aerobic-resistance).

## Materials and methods



### Subjects

26 healthy young women, who were not engaged in any regular and systematic training program in the previous 6 months, volunteered for the study after completing an informed consent. All subjects were recruited from the city of Porto Alegre (Brazil) through sending flyers by e-mail to several young women. Volunteer subjects were randomly assigned into 2 groups: resistance training prior to aerobic training ( $n=13$ ) (mean $\pm$ SD, age: 24.9 $\pm$ 2.9 years; body mass: 64.5 $\pm$ 8.1 kg; height: 165.4 $\pm$ 5.3 cm; percent fat: 30.7 $\pm$ 6.1%); and, aerobic training prior to resistance training ( $n=13$ ) (mean $\pm$ SD, age: 25.4 $\pm$ 3.1 years; body mass: 58.9 $\pm$ 5.3 kg; height: 162.6 $\pm$ 5.6 cm; percent fat: 31.8 $\pm$ 4.3%). Exclusion criteria included any history of neuromuscular, metabolic, hormonal and cardiovascular diseases. Subjects were not taking any medication that could influence hormonal and neuromuscular metabolism and were advised to not change their nutrition practices throughout the study. Body mass and height were measured using an Asimed analog scale (resolution of 0.1 kg) and an Asimed stadiometer (resolution of 1 mm), respectively. Body composition was assessed using the skinfold technique. A 7-site skinfold equation was used to estimate body density [23], and body fat was subsequently calculated using the Siri equation [40]. Subjects were carefully informed about the design of the study and the possible risks and discomforts related to the measurements. The study was conducted according to the ethical standards of the International Journal of Sports Medicine described by Harriss and Atkinson [19] and was approved by Ethics Committee of Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil. Based on the effect size of the neuromuscular variables obtained in the studies of Pöyhönen et al. [33]

and Tsourlou et al. [43], the calculation of the sample "n" was carried out using the G POWER software (version 3.0.1) with a statistical power of 90%.

### Experimental design

11 subjects (23.4 $\pm$ 2.5 years) were evaluated twice before the start of training (weeks -4 and 0), which served as control period. Both groups (i.e., resistance-aerobic and aerobic-resistance) trained for 12 weeks, and each subject was evaluated before and after (weeks 0 and 13) the water-based concurrent training. The post-measurements started 72 h after the last training session, and the subjects completed all the evaluations within a week with an interval of 48 h between the tests. Different tests were conducted on different days to prevent fatigue. Each specific test at pre- and post-intervention was overseen by the same investigator, who was blinded to the training group of the subjects, and was conducted using the same equipment with identical subject/equipment positioning. Throughout the training period, the water temperature was maintained at 31.0 $\pm$ 0.1 °C. In addition, the water depth for each subject was fixed between the xiphoid process and shoulders.

### Measurements

#### Maximal dynamic strength

Maximal strength was assessed using the one-repetition maximum test (1RM) on the bilateral knee extensors (World-Esculptor, Porto Alegre, Brazil) and free-weight barbell bilateral elbow flexors. The 1RM value was considered as the maximal load that could be exerted at the concentric phase for a given exercise. One week prior to the test day, subjects were familiarized with all procedures in 2 sessions. On the test day, the subjects warmed up for 5 min on a cycle ergometer, stretched all major muscle groups, and performed specific movements for the exercise test. Each subject's maximal load was determined with no more than 5 attempts with a 4-min recovery between attempts. Performance time for each contraction (concentric and eccentric) was 2 s, controlled by an electronic metronome (MA-30, KORGI, Japan). The test-retest reliability coefficient (intraclass correlation coefficient, ICC) was 0.83 for the knee extensors 1RM and 0.88 for the elbow flexors 1RM.

#### Isometric peak torque

Maximal isometric peak torque (PT) was obtained using an isokinetic dynamometer (Biodex, New York, USA). Before the measurement session, the subjects were carefully familiarized with the testing procedure. In the knee extension test the subjects were positioned seated with their hips and thighs firmly strapped to the seat of the dynamometer, with the hip angle at 85°. In the elbow flexion test the subjects were positioned seated in a Scott bench, with the elbow angle at 90°. After that, subjects warmed up for 10 knee extension or elbow flexion repetitions at angular velocity of 90° s<sup>-1</sup>, performing a submaximal effort. The dynamometer was connected to an A/D converter (Dataq Instruments Inc., Akron, OH, USA), which made it possible to quantify the torque exerted when each subject executed the knee extension or elbow flexion at the determined angle. After having their right leg or right arm positioned by the evaluators at an angle of 120° in the knee and/or at an angle of 90° in the elbow extension (180° represented the full extension), the subjects were instructed to exert maximal force as quickly as possible when extending the right knee and flexing the right elbow. The subjects had 3 attempts at obtaining the maximal

voluntary contraction (MVC) of the knee extensors and elbow flexors, each lasting 5 s. During all the maximal tests, the researchers provided verbal encouragement so that the subjects would feel motivated to produce their maximal force. The trials (knee extension vs. elbow flexion) were carried out in a counter-balanced order. Signal processing included filtering with a fifth-order low-pass Butterworth filter, with a cutoff frequency of 9 Hz. Maximal peak torque was defined as the highest value of the torque (N.m) recorded during the unilateral knee extension or elbow flexion. The test-retest reliability coefficient (ICC) was 0.96 for the knee extensors PT and 0.90 for the elbow flexors PT.

### EMG recordings

During the isometric strength test, the maximal neuromuscular activity of agonist knee extensors and elbow flexor muscles was evaluated using surface electromyography (RMS values) on the *vastus lateralis* (VL) and *rectus femoris* (RF), and on the *biceps brachii* (BB), respectively. Electrodes were positioned on the muscular belly in a bipolar configuration (20 mm inter-electrode distance) parallel to the orientation of the muscle fibers, according to SENIAM project [20]. Hair was shaved away from the site of electrode placement and the skin was abraded and cleaned with alcohol to keep the inter-electrode resistance low (< 3 k $\Omega$ ). To ensure the same electrode position in subsequent tests, the right thigh and arm of each subject was mapped for the position of the electrodes moles and small angiomas by marking on transparent paper [31]. The reference electrode was fixed on the anterior crest of the tibia or on the clavicle to record the EMG signal of the knee extensors and elbow flexor muscles, respectively. The raw EMG signal was acquired simultaneously with the MVC using an 8-channel electromyograph (AMT-8, Bortec Bio-medical Ltd., Canada). The raw EMG was converted by an A/D converter DI-720 with 16-bits of resolution (Dataq Instruments Inc. Akron, OH, USA) and a sampling frequency of 2000 Hz per channel, connected to a PC. Following acquisition of the signal, the data were exported to the SAD32 software, where they were filtered through a fifth-order band-pass Butterworth filter with cutoff frequencies between 20 and 500 Hz. After that, the EMG records were sliced exactly in 1-s intervals when maximal value of stable force (1 s) was determined between the second and fourth second of the force-time curve, and the RMS values were then calculated. The test-retest reliability coefficient (ICC values) was 0.82 for the sum EMG of the VL and RF and 0.81 for the EMG of BB.

### Muscle thickness

The muscle thickness (MT) was measured using B-mode ultrasound (Philips, VMI, MG, Brazil). A 7.5-MHz linear-array probe measuring 38-mm was placed on the skin perpendicular to the tissue interface, and the scanning head was coated with a water-soluble transmission gel to provide acoustic contact without depressing the dermal surface. The images were digitalized and then analyzed in software Image-J (National Institutes of Health, USA, version 1.37). The subcutaneous adipose tissue-muscle interface and the muscle-bone interface were identified from the ultrasonic image, and the distance from the adipose tissue-muscle interface to the muscle-bone interface was defined as MT [1]. The MT images were determined in the lower body muscles *vastus lateralis*, *vastus medialis*, *vastus intermedius* and *rectus femoris*. The measurement for the *vastus lateralis* was taken midway between the lateral condyle of the femur and greater trochanter [28,30], whereas the measurement for the *vastus*

*medialis* was taken at 30% of the distance between the lateral condyle of the femur and the greater trochanter [25]. Finally, the measurement for the *vastus intermedius* and *rectus femoris* was taken at 60% the distance from the greater trochanter to the lateral epicondyle and 3 cm lateral to the midline of the anterior thigh [11]. The sum of the 4 lower body muscles MT was considered as representative of knee extensors muscle mass. In the upper body limbs, MT were obtained in the *biceps brachii* and *brachialis*, and the sum of the MT of these muscles was considered as representative of elbow flexors muscle mass. The site for *biceps brachii* and *brachialis* measurement was at 40% of the distance from the lateral epicondyle to the acromion process of the scapula, starting at the lateral epicondyle [14,30]. To ensure the same probe position in subsequent tests, the right thigh and arm of each subject was mapped for the position of the electrodes moles and small angiomas by marking on transparent paper [31]. Subjects were evaluated in supine position, after 15 min resting in lying position and after 72 h without any vigorous physical activity. The test-retest reliability coefficients (ICC) were 0.91 for knee extensors MT and 0.97 for elbow flexors MT.

### Peak oxygen uptake

Subjects performed a Bruce protocol in order to determine the peak oxygen uptake ( $VO_{2peak}$ ). Each stage of the Bruce protocol lasts 3 min. The initial speed was 1.7 miles per hour (mph) and the inclination was 10%. A 0.7–0.8 mph increase in speed and 2% increase in the inclination are given for each consecutive stage. The test was halted when the subject indicated exhaustion by means of a hand signal. The expired gas was analyzed breath-by-breath using a metabolic cart (CPX/D, Medical Graphics Corporation, St. Paul, MN, USA). The maximal  $VO_2$  value (milligram per kilogram per minute) obtained close to exhaustion was considered the  $VO_{2peak}$ . The assessment was considered valid when some of the following criteria were met at the end of the test: estimated maximal heart rate was reached (220-age), a respiratory exchange ratio greater than 1.15 was reached and a maximal respiratory rate of at least 35 breaths per minute [21]. The test-retest reliability coefficient (ICC) was 0.87 for  $VO_{2peak}$ .

### Concurrent training programs

Subjects of the study trained both resistance and aerobic training in the same session, 2 times a week, on nonconsecutive days. Training groups were differentiated by their intra-session exercise order during the water-based concurrent training. One group performed resistance training prior to (RA) aerobic training and the other one performed aerobic training prior to (AR) resistance training. Before the start of the concurrent training, subjects completed 2 familiarization sessions in the water environment to practice the exercises they would further perform during the training period. Additionally, during the familiarization sessions the subjects also performed the resistance exercises at their perceived exertion of maximal effort. Analogous to the instructions for traditional resistance exercise on land, in which maximal repetitions are required throughout the training session, the water-based resistance exercises were always performed at maximal velocity and, consequently, at maximal effort. Moreover, the sets were performed within a pre-determined time, and the rest interval between the sets consisted of the time required for each muscle group to have a 2-min rest. This time rest seems to be sufficient for recovery via the ATP-CP metabolic pathway, which is primarily involved in this kind of training. During the resistance training, the individuals were

**Table 1** Complete water-based concurrent training periodization.

Week	Sessions	Sets	Resistance training			Aerobic training	
			Duration	Interval	Intensity	Volume	Intensity
1–4	2	3	20 s	1 min 20 s	maximal effort	18 min	HR <sub>VT2</sub>
5–8	2	4	15 s	1 min 30 s	maximal effort	27 min	HR <sub>VT2</sub>
9–12	2	6	10 s	1 min 40 s	maximal effort	36 min	HR <sub>VT2</sub>

HR<sub>VT2</sub>: heart rate corresponding to the second ventilatory threshold

instructed to perform each repetition at maximal effort and amplitude in order to achieve the greatest velocity of motion as possible, and consequently, a greater resistance. Verbal encouragement was provided by the same instructor during all resistance exercises.

The progression of the water resistance training was ensured by varying the number of sets and the duration thereof, and consequently the total volume for each muscle group during the 12 weeks was maintained (1 min per muscle group). It is important to highlight that the duration of the sets was shortened over the course of the training in order to increase the load during the resistance exercises, since it is possible to achieve greater velocities of movement in shorter stimulus. The resistance exercises were separated into 2 blocks, and each block had 1 exercise for the upper limbs and 1 exercise for the lower limbs, starting from the anatomical position. Block 1 consisted of elbow flexion and extension (simultaneously), right or left hip flexion and extension (separately). Additionally, Block 2 consisted of shoulder flexion and extension (simultaneously), right or left knee flexion and extension (starting from hip flexion at 90°) (separately). In weeks 1–4, the subjects performed 3 sets of 20 s for each block with the following sequence: 20 s of exercise for the upper limbs, 5 seconds for swapping, 20 s of exercise for the lower limbs (right leg), 5 s for swapping and 20 s of exercise for the lower limbs (left leg). This sequence was repeated 3 times with an active interval (stationary running for 1 min 20 s) between each set. The training was divided into 2 different blocks (1 and 2), and the block sequences and intervals were as follows: 3 times block 1 (6 min 10 s), active interval between blocks (1 min) and 3 times block 2 (6 min 10 s). In weeks 5–8, the subjects performed 4 sets of 15 s of each block with an active interval (stationary running for 1 min 30 s) between each set. The block sequences and intervals were as follows: 4 times block 1 (7 min 55 s), active interval between blocks (1 min) and 4 times block 2 (7 min 55 s). In weeks 9–12, the subjects performed 6 sets of 10 s of each block with an active interval (stationary running for 1 min 40 s) between each set. The block sequences and intervals were as follows: three times block 1 (5 min 20 s), active interval between blocks (1 min), 3 times block 2 (5 min 20 s), active large interval (5 min), three 3 block 1 (5 min 20 s), active interval between blocks (1 min) and 3 times block 2 (5 min 20 s). The resistance training sessions lasted 13 min 20 s in the first mesocycle, 16 min 50 s in the second mesocycle and in 28 min 20 s the third mesocycle.

The aerobic training program was performed using 3 water-based exercises performed at the heart rate (HR) corresponding to the second ventilatory threshold (VT<sub>2</sub>). During the first 4 weeks, subjects performed 2 sets of 3 min with the following sequence, without interval between the sets: 3 min of stationary running, 3 min of cross country skiing and 3 min of frontal kick, totaling 18 min. In the weeks 5–8, subjects performed 3 sets of 3 min with the same sequence specified above, totaling 27 min

and in the last 4 weeks (9–12) subjects performed 4 sets of 3 min, totaling 36 min. The 3 water-based exercises are described in the study of Alberton et al. [3]. During the sessions of aerobic training all the subjects used a coded Polar monitor in order to control the HR corresponding to VT<sub>2</sub>. 3 experienced water-based trainers carefully supervised all training sessions.

The VT<sub>2</sub>, used as a parameter for prescribing the intensity of aerobic training was determined during a maximal progressive test in the water environment with the stationary running exercise, since Alberton et al. (unpublished observation) have demonstrated there were no differences in the HR corresponding to VT<sub>2</sub> among the stationary running, cross country skiing and frontal kick water-based exercises. Thus, the maximal test with stationary running was conducted with an initial cadence of 85 b.min<sup>-1</sup> for 3 min, with 15 b.min<sup>-1</sup> increases in cadence every 2 min until maximal effort was obtained. The cadences were set by a digital metronome (MA-30, KORGE, Japan).

To evaluate the ventilatory data, a mixing-box-type portable gas analyzer (VO2000, MedGraphics, Ann Arbor, USA) was used and had been previously calibrated according to manufacturer's specifications. The HR was measured using a Polar monitor (FS1, Shanghai, China). The sampling rate of the collected HR and ventilatory data was 10 s, and the data were acquired using the Aerograph software. The second ventilatory threshold was determined using the ventilation slope and confirmed through the slope of the ventilatory equivalent for CO<sub>2</sub> (VE/VCO<sub>2</sub>) [45]. 2 experienced and independent blind physiologists detected the thresholds through visual inspection according to the criteria previously described above. When the results were discordant, the graphs were assessed by a third physiologist [22]. The VT<sub>2</sub> used to prescribe the intensity of aerobic training corresponded to 73.8 ± 9.6% of the VO<sub>2peak</sub>. The VT<sub>2</sub> was also evaluated during week 6 in order to adjust the training intensity. No significant change was observed in this parameter (VT<sub>2</sub>: 73.8 ± 7.5% of the VO<sub>2peak</sub>). The whole water-based concurrent training periodization is shown in **Table 1**.

### Statistical analysis

Results are reported as mean ± SD. Normal distribution and homogeneity parameters were checked with Shapiro-Wilk and Levene tests, respectively. Statistical comparisons in the control period (from weeks -4 to 0) were performed by using Student's paired t tests. In addition the test-retest reliability for each dependent variable between the weeks -4 to 0 was determined using the intraclass correlation coefficient (ICC). The training-related effects were assessed using repeated measures 2-way ANOVA (factors: group and time). When the interaction effect was significant, the main factors group and time were tested again using the T tests. Significance was accepted when  $\alpha = 0.05$ , and the SPSS statistical software package (version 17.0) was used to analyze all data. The statistical observed power ranged from 85 to 99.9% for dynamic strength, from 70 to 99.9% for the

**Table 2** Pre- and post-values, intrasubject coefficient of variation (CV) and confidence interval (95% CI) during the control period (-4 and 0 weeks).

	Young women n = 11						
	Week -4		Week 0		p	CV (%)	95% CI
	Mean	SD	Mean	SD			
EFLE 1RM (kg)	15.09	±3.09	14.09	±2.70	0.058	20.5–19.2	-0.04–2.04
KEX 1RM (kg)	58.50	±9.16	52.17	±7.63	0.060	15.6–14.6	-0.39–13.06
EFLE PT (N.m)	35.59	±7.26	35.15	±6.30	0.665	20.4–17.9	-1.78–2.66
KEX PT (N.m)	166.33	±42.09	161.33	±39.19	0.167	25.3–24.3	-2.52–12.52
EMG BB (v)	0.24	±0.09	0.26	±0.10	0.346	37.5–38.5	-0.06–0.02
Sum EMG VL-RF (v)	0.17	±0.08	0.22	±0.09	0.035*	47.0–40.9	-0.08 – -0.004
EFLE MT (mm)	25.04	±2.51	24.17	±2.30	0.002*	10.0–9.5	0.39–1.36
KEX MT (mm)	64.44	±7.99	63.85	±8.42	0.251	12.4–13.2	-0.49–1.68
VO <sub>2peak</sub> (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	37.14	±4.26	36.12	±4.93	0.380	11.5–13.6	-1.59–1.89

EFLE and KEX 1RM, elbow flexors and knee extensors one maximal repetition; EFLE PT and KEX PT, elbow flexors and knee extensors maximal isometric peak torque; EMG BB and sum EMG VL-RF, maximal neuromuscular activity of *biceps brachii* and of the sum of *vastus lateralis* and *rectus femoris*; KEX MT and EFLE MT, knee extensors and elbow flexors muscle thickness; VO<sub>2peak</sub>, peak oxygen uptake. \* indicate significant difference between week -4 and 0

**Table 3** Strength performance before and after training: aerobic-resistance and resistance-aerobic; mean ± SD.

	Resistance-Aerobic, n = 13				Aerobic-Resistance, n = 13				Group p	Time p	Group*Time p
	Pre		Post		Pre		Post				
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD			
EFLE 1RM (kg)	14.77	±1.64	16.69	±1.60	14.77	±3.11	16.54	±2.79	0.933	<0.001*	0.742
KEX 1RM (kg)	53.23	±11.01	75.61	±12.27	54.27	±6.25	68.09	±5.22	0.380	<0.001*	0.005***
EFLE PT (N.m)	37.44	±5.15	39.03	±5.15	33.60	±4.53	34.50	±4.75	0.034***	0.016*	0.485
KEX PT (N.m)	175.56	±29.19	186.42	±27.39	165.61	±32.11	181.45	±29.97	0.518	<0.001*	0.331

EFLE and KEX 1RM, elbow flexors and knee extensors one maximal repetition; EFLE PT and KEX PT, elbow flexors and knee extensors maximal isometric peak torque. \* indicate significant difference between pre and post training in both groups (RA and AR). \*\* indicate significant time vs. group interaction. \*\*\* indicate significant difference between groups

isometric peak torque, from 67 to 68% for the EMG recordings and from 99 to 99.9% for the muscle thickness measurements.

## Results

During the control period (weeks -4 and 0), no changes were observed in any variables analyzed, except for the maximal neuromuscular activity of the sum of *vastus lateralis* and *rectus femoris* and the elbow flexors muscle thickness variables, which showed slight changes between weeks -4 and 0 (Table 2).

No significant differences were observed in training compliance between RA and AR (92.3±7.4 vs. 95.1±5.5%, respectively). In addition, there were no differences between groups before training in age (p=0.650), body mass (p=0.054), height (p=0.201) and percent fat (p=0.587). After training, there was a significant increase in both RA and AR in the VO<sub>2peak</sub> (p<0.001) with no differences between groups (p=0.271). This result showed that our aerobic training program was effective in improving cardiorespiratory fitness (RA: 6.79±7.40 vs. AR: 5.07±4.32%).

### Maximal dynamic strength

At baseline, there were no differences between groups in the knee extensors and elbow flexors 1RM (Table 3). After training, there was significant time vs. group interaction in the knee extensors 1RM. While both RA and AR increased the knee extensors 1RM values, the increase observed in the RA was significantly greater than AR (43.58±14.00 vs. 27.01±18.05%, p=0.005). In the

elbow flexors 1RM, there were significant increases in both RA and AR, with no difference between groups (RA: 13.44±8.22 vs. AR: 13.20±10.14%).

### Isometric peak torque

At baseline, there were no differences between groups in the isometric peak torque of knee extensors, whereas RA presented significant greater elbow flexors isometric peak torque compared to AR before training (Table 3). After training, there were increases in the knee extensors isometric peak torque in both RA and AR, with no difference between groups (RA: 6.62±6.49 vs. AR: 10.75±11.50%). In addition, elbow flexors isometric peak torque increased in both RA and AR, with both groups presenting similar relative gains (RA: 4.53±7.26 vs. AR: 2.88±7.34%). As before training, RA presented significantly greater elbow flexors isometric peak torque compared to AR after training.

### EMG recordings

At baseline, there were no differences between groups in the maximal neuromuscular activity (maximal EMG amplitude) of the lower (sum of the VL and RF) and upper limbs (BB) (Table 4). After training, there were significant increases in the maximal neuromuscular activity of the sum of the VL and RF in both groups, with no differences between RA and AR (RA: 19.37±36.42% vs. AR: 15.18±34.98%). In addition, maximal neuromuscular activity of BB increased in both RA and AR, with no difference between groups (9.05±17.18 vs. 25.71±35.29%).

**Table 4** Maximal neuromuscular activity and muscle thickness before and after training: aerobic–resistance and resistance–aerobic; mean  $\pm$  SD.

	Resistance-Aerobic, n = 13				Aerobic-Resistance, n = 13				Group p	Time p	Group*Time p
	Pre		Post		Pre		Post				
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD			
EMG BB (v)	0.23	$\pm 0.17$	0.26	$\pm 0.23$	0.28	$\pm 0.09$	0.33	$\pm 0.08$	0.063	0.019*	0.287
Sum EMG VL-RF (v)	0.18	$\pm 0.10$	0.21	$\pm 0.10$	0.21	$\pm 0.09$	0.24	$\pm 0.11$	0.448	0.020*	0.863
EFLE MT (mm)	24.75	$\pm 1.93$	25.91	$\pm 1.87$	24.50	$\pm 2.98$	25.14	$\pm 2.79$	0.597	<0.001*	0.047**
KEX MT (mm)	68.93	$\pm 8.95$	75.93	$\pm 9.67$	70.41	$\pm 10.65$	74.39	$\pm 10.72$	0.994	<0.001*	<0.001**

EMG BB and sum EMG VL-RF, maximal neuromuscular activity of *biceps brachii* and sum of *vastus lateralis* and *rectus femoris*; KEX MT and EFLE MT, knee extensors and elbow flexors muscle thickness. \* indicate significant difference between pre and post training in both groups (RA and AR). \*\* indicate significant time vs. group interaction.

### Muscle thickness

At baseline, there were no differences between groups in the knee extensors and elbow flexors muscle thickness (Table 4). After training, there was significant time vs. group interaction in the knee extensors and elbow flexors muscle thickness. Both RA and AR increased the knee extensors muscle thickness values, while the increase observed in the RA was significantly greater than AR ( $10.24 \pm 3.11$  vs.  $5.76 \pm 1.88\%$ , respectively,  $p < 0.001$ ). In addition, both RA and AR increased the elbow flexors muscle thickness values, while the increase observed in the RA was significantly greater than AR ( $4.74 \pm 3.34$  vs.  $2.72 \pm 2.02\%$ ,  $p = 0.047$ ).

### Discussion

The primary findings of this study were the greater maximal dynamic strength and the greater muscle thickness gains of the knee extensors and elbow flexors when the resistance exercises were performed prior to aerobic training (i.e., RA sequence), when compared with opposite order (i.e., AR sequence). Furthermore, no significant difference was observed in the neural adaptations between the groups, suggesting that the order of the exercise type in water-based concurrent training influences the strength gains due to morphological mechanisms.

In this study, both RA and AR presented significant strength gains in the upper (1RM: 13 and 13%, respectively; PT: 4 and 3%, respectively) and lower limbs (1RM: 43 and 27% respectively, PT: 7 and 11%, respectively). These results corroborate with those of other studies that analyzed the effects of specific resistance training in water in the elderly [5,42,43] and young [13,33,41]. Tsourlou et al. [43] investigated the effects of 24 weeks of concurrent training (3 sessions per week) on muscle strength (isometric and dynamic) in healthy women over 60 years of age and showed that after training there was a significant improvement in the peak torque of knee extensors (10%) and in the 3 RM test of the knee extensors movement (29%). In addition, Souza et al. [41] conducted a study involving specific resistance training in the water performed by untrained young women for 11 weeks with 2 weekly sessions and found a 20% increase in 1RM of knee extensors. In the only study found assessing the elbow flexors strength induced by water-based resistance training, Krueel et al. [27], observed a 14% increase in the elbow flexors 1RM after 11 weeks of water-based training (2 sessions per week) in postmenopausal women, which is in agreement with the magnitude of elbow flexors strength gains observed in the present study (~13%).

The present study is the first to investigate the effects of the intra-session exercise order during the concurrent training conducted in

the aquatic environment. In addition, few studies have investigated the effects of intra-session exercise order during traditional concurrent training performed on land environment. In a study by Gravelle & Blessing [17], no significant difference was observed in the leg press strength gains between groups of active young women who performed resistance exercises before (11%) or after (15%) the aerobic exercise (rowing). Similar findings were reported by Chtara et al. [12], who found similar strength gains in a half squat one-repetition maximum test in young men (physical education students) carrying out 2 opposite sequences of concurrent training on land (resistance training prior to running: 12%; and running prior to resistance training: 11%). The results of the present study corroborate with those reported by Cadore et al. [10], which observed a greater knee extensors strength gains in elderly subjects when the resistance training was performed before the aerobic training compared with the inverse order (35 vs. 22%).

However, in the study by Cadore et al. [10], the exercise sequence had no influence in the magnitude of muscle thickness, and these authors explained the difference in the strength gains as a consequence of different neural adaptations, since the resistance-aerobic order group in their study showed a greater magnitude of changes in the EMG signal. In the present study, the greater strength gains in the knee extensor muscles observed in the RA group appears to be due to the greater magnitude of muscle thickness in this group (10 vs. 6% for RA and AR, respectively). Indeed, some studies involving traditional concurrent training performed on land demonstrated that aerobic training may impair the hypertrophy of type I fibers [6,7,26,34]. It can be speculated that the fatigue resulting from aerobic training during the AR sequence resulted in a lower maximal velocity of motion in this group when compared with the RA group. It is important to point out the importance of velocity of movement in force production in the aquatic environment, since the same equation in the fluid ( $F_d = 1/2 A v^2 C_d$ ) is squared and directly proportional to the drag force [4].

In addition, studies have demonstrated that increasing from submaximal velocity to maximal velocity of motion resulted in greater EMG activation of the upper and lower limbs muscles during specific water-based exercises [2,32]. Thus, a lower velocity of motion may result in a lower peak of tension during the sets and fewer repetitions per sets, which results in lower total work during each training session. Indeed, it has been shown that the peak of tension during the strength training influences the enhancement of maximal strength [9]. Moreover, the total work performed is one of the main resistance training factors that influences muscle hypertrophy [37].

In the present study, both groups increased muscle thickness in the elbow flexors (RA: 4%; AR: 3%) and knee extensors muscles (RA: 10%, AR: 6%). Our results are in agreement with the study

by Pöyhönen et al. [33], in which an increase of 4% was found in the quadriceps muscle of physically active women after 10 weeks of water-based resistance training. Moreover, it observed an increase in the maximal neuromuscular activity of the sum of the VL and RF muscles in both RA and AR groups (19% and 15% respectively). Our results are also in agreement with the study by Pöyhönen et al. [33], who observed an increase of 26% in the maximal isometric amplitude of the EMG signal of the sum of the *vastus lateralis* and *vastus medialis* muscles of young women after a 10 weeks of water-based specific resistance training. However, the present study is the first study to investigate the neural adaptations induced by concurrent training performed in an aquatic environment. In addition to changes observed in the lower limbs, the concurrent training performed in the present study induced increases in the maximal isometric amplitude of the EMG signal from the BB muscle in both the RA and AR groups, regardless of the order of the exercises.

The present study showed greater maximal dynamic strength gains of the lower limbs when the resistance exercise was performed prior to aerobic exercise (i.e., RA), whereas no difference between groups was observed in the maximal isometric peak torque. A possible explanation for the absence of any difference between groups for these values may be that the maximal dynamic strength test is a more sensitive test for detecting the adaptations induced by dynamic resistance training, as performed in the present study. While both groups did improve the isometric peak torque, the magnitude of increases in both groups was greater in the dynamic strength test compared to the isometric strength test.

## Conclusion

In summary, the results of the present study showed that the intra-session exercise order during concurrent training performed in an aquatic environment influences the magnitude of strength and muscle thickness gains, since the individuals who performed resistance training before the aerobic exercise achieved greater maximal dynamic strength adaptations (43 vs. 27%) and a greater muscle thickness of the knee extensors (10 vs. 6%) and elbow flexors (5 vs. 3%). It is possible that residual fatigue following aerobic training in the AR group may have resulted in a lower maximal velocity of motion, generating a lower peak force and total work in the lower limbs exercises. From a practical point of view, the water-based concurrent training performed twice a week in both intra-session exercise order (resistance-aerobic or aerobic-resistance) resulted in marked increases in the isometric and dynamic strength, neuromuscular activity and muscle thickness of both upper and lower-body. Moreover, to optimize the strength gains in the young women, the concurrent training program in water-based exercises should include an intra-session exercise order with resistance training prior to aerobic training, since greater values in knee extensors maximal dynamic strength and muscle thickness were found in this intra-session exercise sequence.

## Acknowledgements

The authors specially thank FAPERGS, CAPES, CNPq, and FINEP Brazilian Government Associations for support to this project. We also gratefully acknowledge all subjects who participated in this research and made this project possible.

## References

- 1 Abe T, DeHoyos DV, Pollock ML, Garzarella L. Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *Eur J Appl Physiol* 2000; 81: 174–180
- 2 Alberton CL, Cadore EL, Pinto SS, Tartaruga MP, da Silva EM, Krueel LF. Cardiorespiratory, neuromuscular and kinematic responses to stationary running performed in water and on dry land. *Eur J Appl Physiol* 2011; 111: 1157–1166
- 3 Alberton CL, Tartaruga MP, Pinto SS, Cadore EL, Haberland AA, Finatto P, Krueel LF. Vertical ground reaction force during water exercises performed at different intensities. *Int J Sports Med* Accepted
- 4 Alexander R. Mechanics and energetic of animal locomotion. In: Alexander R, Goldspink G (eds.). *Swimming*. London: Chapman & Hall, 1977; 222–248
- 5 Ambrosini AB, Brentano MA, Coertjens M, Krueel LFM. The effects of strength training in hydrogymnastics for middle-age women. *Int J Aquatic Res Educ* 2010; 4: 153–162
- 6 Bell GJ, Syrotoik D, Socha T, Maclean I, Quinney HÁ. Effect of strength and endurance training on strength, testosterone, and cortisol. *J Strength Cond Res* 1997; 11: 57–64
- 7 Bell GJ, Syrotoik D, Martin TP, Burnham R, Quinney HÁ. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol* 2000; 81: 418–427
- 8 Cadore EL, Pinto RS, Lhullier FLR, Correa CS, Alberton CL, Pinto SS, Almeida APV, Tartaruga MP, Silva EM, Krueel LFM. Physiological effects of concurrent training in elderly men. *Int J Sports Med* 2010; 31: 689–697
- 9 Cadore EL, Izquierdo M, Alberton CL, Pinto RS, Conceição M, Cunha G, Radaelli R, Bottaro M, Trindade GT, Krueel LF. Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular and cardiovascular gains in elderly men. *Exp Gerontol* 2012; 47: 164–169
- 10 Cadore EL, Izquierdo M, Pinto SS, Alberton CL, Pinto RS, Baroni BM, Vaz MA, Lanferdini FJ, Radaelli R, González-Izal M, Bottaro M, Krueel LF. Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence. *Age* 2012 [Epub ahead of print]
- 11 Chilibeck PD, Stride D, Farthing JP, Burke DG. Effect of creatine ingestion after exercise on muscle thickness in males and females. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 1781–1788
- 12 Chtara M, Chaouachi A, Levin GT, Chaouachi M, Chamari K, Amri M, Laursen PB. Effect of concurrent endurance and circuit resistance training sequence on muscular strength and power development. *J Strength Cond Res* 2008; 22: 1037–1045
- 13 Colado JC, Tella V, Triplett NT, González LM. Effects of short-term aquatic resistance program on strength and body composition in fit young men. *J Strength Cond Res* 2009; 23: 549–559
- 14 Fukunaga T, Miyatani M, Tachi M, Kouzaki M, Kawakami Y, Kanehisa H. Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. *Acta Physiol Scand* 2001; 172: 249–255
- 15 García-Pallares J, Izquierdo M. Strategies to optimize concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. *Sports Med* 2011; 41: 329–343
- 16 Graef FI, Pinto RS, Alberton CL, de Lima WC, Krueel LFM. The effects of resistance training performed in water on muscle strength in the elderly. *J Strength Cond Res* 2010; 24: 3150–3156
- 17 Gravelle BL, Blessing DL. Physiological adaptation in women concurrently training for strength and endurance. *J Strength Cond Res* 2000; 14: 5–13
- 18 Häkkinen K, Alen M, Kraemer WJ, Gorostiaga EM, Izquierdo M, Rusko H, Mikkola J, Häkkinen A, Valkeinen H, Kaarakainen E, Romu S, Erola V, Ahtiainen J, Paavolainen L. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *J Appl Physiol* 2003; 89: 42–52
- 19 Harriss DJ, Atkinson G. Update – Ethical standards in sport and Exercise science research. *Int J Sports Med* 2011; 32: 819–821
- 20 Hermens HJ, Freriks B, Merletti R, Stegeman D, Blok J, Rau G, Disselhorst-Klug C, Hägg G. European recommendations for surface electromyography: results of the SENIAM project. 2nd ed. Roessingh Research and Development, 1999
- 21 Howley ET, Basset DR Jr, Welch HG. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: 1292–1301
- 22 Hug F, Decherchi P, Narqueste T, Jammes Y. EMG versus oxygen uptake during cycling exercise in trained and untrained subjects. *J Electromyogr Kinesiol* 2004; 14: 187–195
- 23 Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc* 1980; 12: 175–182

- 24 Karavirta L, Tulppo MP, Laaksonen DE, Nyman K, Laukkanen RT, Kinunen H, Häkkinen A, Häkkinen K. Heart rate dynamics after combined endurance and strength training in older men. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41: 1436–1443
- 25 Korhonen MT, Mero AA, Alen M, Sipilä S, Hakkinen K, Liikavainio T, Viitasalo JT, Haverinen MT, Suominen H. Biomechanical and skeletal muscle determinants of maximum running speed with aging. *Med Sci Sports Exerc* 2009; 41: 844–856
- 26 Kraemer WJ, Patton JF, Gordon SE, Harman EA, Deschenes MR, Reynolds K, Newton RU, Tripplet NT, Dziados JE. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J Appl Physiol* 1995; 78: 976–989
- 27 Kruel LFM, Barrella RE, Muller FG, Brentano MA, Figueiredo PP, Cardoso A, Severo CR. Effects of resistance training in women engaged in hydrogymnastics programs. *Revista brasileira de Fisiologia do Exercício* 2005; 4: 32–38 [in Portuguese]
- 28 Kumagai K, Abe T, Brechue WF, Ryushi T, Takano S, Mizuno M. Sprint performance is related with muscle fascicle length in male 100 m-sprinters. *J Appl Physiol* 2000; 88: 811–816
- 29 McCarthy JP, Pozniak MA, Agre JC. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 511–519
- 30 Miyatani M, Kanehisa H, Kuno S, Nishijima T, Fukunaga T. Validity of ultrasonograph muscle thickness measurements for estimating muscle volume of knee extensors in humans. *Eur J Appl Physiol* 2002; 86: 203–208
- 31 Narici MV, Roi GS, Landoni L, Minetti AE, Cerretelli P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol* 1989; 59: 310–319
- 32 Pinto SS, Cadore EL, Alberton CL, Silva EM, Kanitz AC, Tartaruga MP, Kruel LFM. Cardiorespiratory and neuromuscular responses during water aerobics exercise performed with and without equipment. *Int J Sports Med* 2011; 32: 916–923
- 33 Pöyhönen T, Sipilä S, Keskinen KL, Hautala A, Savolainen J, Mätkiä E. Effects of aquatic resistance training on neuromuscular performance in healthy women. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 2103–2109
- 34 Putman CT, Xu X, Gillies E, Maclean IM, Bell GJ. Effects of strength, endurance and combined training on myosin heavy chain content and fiber-type distribution in humans. *Eur J Appl Physiol* 2004; 92: 376–384
- 35 Sale DG, Jacobs I, Macdougall JD, Garner S. Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 1990; 22: 348–356
- 36 Sato D, Kaneda K, Wakabayashi H, Nomura T. Comparison of 2-year effects of once and twice weekly water exercise on activities of daily living ability of community dwelling frail elderly. *Arch Gerontol Geriatr* 2009; 49: 123–128
- 37 Schoenfeld BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J Strength Cond Res* 2010; 24: 2857–2872
- 38 Sillanpää E, Laaksonen DE, Häkkinen A, Karavirta L, Jensen B, Kraemer WJ, Nyman K, Häkkinen K. Body composition, fitness, and metabolic health during strength and endurance training and their combination in middle-aged and older women. *Eur J Appl Physiol* 2009; 106: 285–296
- 39 Silva RF, Cadore EL, Kothe G, Guedes M, Alberton CL, Pinto SS, Pinto RS, Trindade G, Kruel LF. Concurrent training with different aerobic exercises. *Int J Sports Med* 2012; 33: 627–634
- 40 Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. *Nutrition* 1993; 9: 480–491
- 41 Souza AS, Rodrigues BM, Hirshammann B, Graef FI, Tiggmann CL, Kruel LFM. Aquatic strength training in young women. *Motriz* 2010; 16: 649–657 [in Portuguese]
- 42 Takeshima N, Rogers ME, Watanabe WF, Brechue WF, Okada A, Yamada T, Islam MM, Hayano J. Water-based exercise improves health-related aspects of fitness in older women. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 33: 544–551
- 43 Tsourlou T, Benik A, Diplá K, Zafeiridis A, Kellis S. The effects of a twenty-four-week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *J Strength Cond Res* 2006; 20: 811–818
- 44 Volaklis KA, Spassis AT, Tokmakidis SP. Land versus water exercise in patients with coronary artery disease: effects on body composition, blood lipids, and physical fitness. *Am Heart J* 2007; 154: 560e1–560e6
- 45 Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 1973; 35: 236–243