

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

**RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS, NEUROMUSCULARES E CINÉTICAS  
DE EXERCÍCIOS DE HIDROGINÁSTICA**

**Tese de doutorado**

**Cristine Lima Alberton**

Porto Alegre, abril de 2011

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

**Cristine Lima Alberton**

**RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS, NEUROMUSCULARES E CINÉTICAS  
DE EXERCÍCIOS DE HIDROGINÁSTICA**

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 Kruehl**

Porto Alegre, abril de 2011

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao meu orientador, professor Kruel, pela amizade, pelas oportunidades, pelo apoio e constante incentivo profissional ao longo desses 11 anos de orientação.

Aos professores da banca, Prof<sup>a</sup>. Flávia, Prof. Álvaro, Prof. Tartaruga e Prof. Denadai, grandes referências nas minhas áreas de pesquisa, pela participação nesse momento especial em minha vida e por todas as contribuições tanto na qualificação quanto na defesa da minha tese.

À UFRGS e a CAPES, meu sincero e especial agradecimento.

Aos funcionários do PPGCMH, do LAPEX e do Centro Natatório por toda a atenção e apoio ao longo do período do doutorado.

Às empresas MIOTEC e INBRAMED, muito obrigada pela parceria e constante manutenção dos equipamentos.

À minha amostra, muito obrigada pela disposição e paciência.

Aos meus amigos e colegas de doutorado, Stephanie, Cadore e Marcus, pessoas fundamentais no desenvolvimento e finalização da minha tese. Muito obrigada pela amizade, pelo coleguismo e pela ajuda durante todos esses anos de convívio.

Às minhas orientandas Amanda, Ana e Paula, por terem feito parte da equipe de coleta e análise de dados. À Bruna e à Maira, por também serem presenças constantes nas sessões de coletas. A todos os colegas do Grupo de Pesquisa em Atividades Aquáticas e Terrestre, pela constante disposição e ajuda a fim de tornar esse trabalho possível.

Ao professor Minetti, meu co-orientador na Itália, e aos meus colegas italianos, Elena, Dario, Carlo e Fabrizio, pela recepção na UNIMI para o meu estágio no exterior, por todas as oportunidades e conhecimentos divididos. Grazie Mille!

A todos os meus amigos e colegas, pela amizade, carinho e compreensão durante as minhas ausências.

Aos meus familiares, por todo o amor e carinho, em especial a minha Vó Leda.

Às minhas manas, Fran e Dani, por serem as melhores amigas, companheiras, admiradoras e incentivadoras do meu trabalho.

Ao meu namorado, Fabrício, por todo o amor e compreensão. Muito obrigada pela paciência na fase final do doutorado e durante a minha ausência nos seis meses de estágio na Itália.

Aos meus pais, Gildo e Elaine, que são os melhores exemplos de amor e dedicação. Obrigada por muitas vezes renunciarem dos seus sonhos para realizarem os nossos. E muito obrigada por incentivarem e acreditarem que o estudo é a melhor forma de alcançarmos esses sonhos.

## RESUMO

### RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS, NEUROMUSCULARES E CINÉTICAS DE EXERCÍCIOS DE HIDROGINÁSTICA

Autora: Cristine Lima Alberton

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruel

O objetivo do presente estudo foi analisar as respostas cardiorrespiratórias, neuromusculares e cinéticas de mulheres realizando exercícios de hidroginástica em diferentes intensidades de esforço. No estudo I, 20 mulheres jovens ( $24,0 \pm 2,5$  anos;  $163,3 \pm 6,7$  cm;  $60,0 \pm 6,7$  kg) realizaram quatro sessões de testes progressivos, três correspondentes aos testes aquáticos (corrida estacionária (CE), chute frontal (CF), deslize frontal (DF)) e uma correspondente ao teste em esteira terrestre (EST), com o intuito de determinar e comparar as respostas de frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e ventilação ( $\dot{V}e$ ) no primeiro limiar ventilatório (LV1), no segundo limiar ventilatório (LV2) e no máximo esforço (MAX). No estudo II, 15 participantes da amostra realizaram duas sessões, uma no meio aquático (MA) e outra no meio terrestre (MT). O protocolo de testes consistiu na execução dos três exercícios de hidroginástica nas três intensidades pré-determinadas (LV1, LV2 e MAX) com o intuito de determinar o valor de pico da força de reação do solo vertical ( $Fz_{pico}$ ) e o impulso (IMP). No estudo III, 12 participantes da amostra realizaram uma sessão correspondente ao protocolo experimental, que consistia na execução dos três exercícios de hidroginástica nas três intensidades de esforço previamente avaliadas, com o intuito de determinar as respostas de  $\dot{V}O_2$ , atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos reto femoral (RF), semitendinoso (ST), vasto lateral (VL), porção curta do bíceps femoral (BF), tibial anterior (TA) e gastrocnêmio lateral (GL) e a  $Fz_{pico}$ . ANOVA para medidas repetidas de um, dois e três fatores foram utilizadas ( $\alpha = 0,05$ ). Ao comparar as respostas cardiorrespiratórias entre protocolos de testes progressivos, não foram observadas diferenças significativas entre os exercícios aquáticos para nenhuma das intensidades. No entanto, o protocolo em EST apresentou valores significativamente maiores de FC em todas as intensidades, de  $\dot{V}O_2$  nas intensidades LV2 e MAX, e de  $\dot{V}e$  na intensidade LV2. Ao analisar a força de reação do solo, respostas significativamente maiores para  $Fz_{pico}$  e IMP foram verificadas para MT comparado a MA. Diferenças significativas foram observadas entre todas as intensidades para  $Fz_{pico}$  e IMP no MT, e IMP no MA. Todavia, diferenças significativas foram observadas somente entre LV1 e as demais intensidades para  $Fz_{pico}$  no MA. Além disso, no MA, valores de  $Fz_{pico}$  significativamente menores foram observados entre o exercício DF e os demais exercícios. Para o sinal EMG, valores significativamente maiores foram observados para CF e menores para CE na atividade de todos os músculos, exceto TA que apresentou maiores respostas para DF comparado aos demais. Além disso, diferenças significativas entre as intensidades foram observadas para todos os grupos musculares. A partir dos resultados, conclui-se que, em um programa de treinamento de hidroginástica, existe a necessidade de realizar-se testes

máximos específicos nos exercícios aquáticos, uma vez que as respostas de FC,  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}e$  apresentaram diferenças entre os exercícios de hidroginástica analisados e EST. Outro fator a ser levado em consideração é a escolha da intensidade e dos exercícios a serem prescritos. Se o objetivo for amenizar a ação da  $Fz_{pico}$ , exercícios com as características do DF devem ser priorizados, sendo importante salientar que o mesmo apresenta uma intensa atividade neuromuscular para todos os músculos analisados, exceto GL. Além disso, intensidades correspondentes ao LV1 devem ser utilizadas a fim de minimizar a  $Fz_{pico}$ , todavia, nessa intensidade a atividade neuromuscular foi significativamente menor para todos os exercícios e músculos analisados. Por outro lado, se o objetivo é trabalhar com altas intensidades, não existe diferença entre a  $Fz_{pico}$  correspondente ao esforço máximo e LV2, logo a intensidade máxima pode ser utilizada com a mesma segurança que LV2, apresentando um menor IMP e uma maior ativação EMG para todos os grupos musculares analisados. No entanto, se o objetivo for minimizar a ativação muscular, sugere-se o uso do exercício CE, uma vez que ele pode ser utilizado nas aulas de hidroginástica com a mesma intensidade cardiorrespiratória que os demais exercícios avaliados, induzindo a uma menor fadiga periférica.

**Palavras-chave:** consumo de oxigênio; atividade eletromiográfica; força de reação vertical do solo; imersão.

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

Autora: Cristine Lima Alberton

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruel

Título da tese: Respostas cardiorrespiratórias, neuromusculares e cinéticas de exercícios de hidroginástica

Porto Alegre, 2011

## ABSTRACT

### CARDIORESPIRATORY, NEUROMUSCULAR AND KINETIC RESPONSES OF WATER AEROBIC EXERCISES

Author: Cristine Lima Alberton

Advisor: Luiz Fernando Martins Krueel, Ph.D.

The aim of the present study was to analyze the cardiorespiratory, neuromuscular and kinetic responses of women performing water aerobic exercises at different effort intensities. In study I, 20 young women ( $24.0 \pm 2.5$  years;  $163.3 \pm 6.7$  cm;  $60.0 \pm 6.7$  kg) performed four progressive test sessions, three corresponding to aquatic tests (stationary running (SR), frontal kick (FK), cross country skiing (CCS)) and one to treadmill (TRE), with the purpose of determining and comparing the heart rate (HR), oxygen uptake ( $\dot{V}O_2$ ) and ventilation ( $\dot{V}_e$ ) responses at the first ventilatory threshold (VT1), second ventilatory threshold (VT2) and maximal effort (MAX). In study II, a sample of 15 participants performed two sessions, one in water immersion (WI) and the other on dry land (DL). The test protocol consisted of three water aerobic exercises performed at three pre-determined intensities (VT1, VT2 and MAX) with the purpose of determining the peak vertical ground reaction forces ( $F_{z_{peak}}$ ) and impulse (IMP). In study III, a sample of 12 participants performed one session corresponding to the experimental protocol, which consisted of three water aerobic exercises performed at the three previously evaluated effort intensities, with the purpose of determining the  $\dot{V}O_2$ , electromyographic activity (EMG) of rectus femoris (RF), semitendinosus (ST), vastus lateralis (VL), short head of biceps femoris (BF), tibialis anterior (TA) and gastrocnemius lateralis (GL), and the  $F_{z_{peak}}$ . One-way, two-way and three-way repeated measures ANOVA were used ( $\alpha = 0.05$ ). Regarding cardiorespiratory responses to the progressive test protocols, there were no significant differences between aquatic exercises at any intensity. However, the TRE protocol showed significantly higher HR at all intensities,  $\dot{V}O_2$  at intensities corresponding to VT2 and MAX, and  $\dot{V}_e$  at VT2. Analyzing the ground reaction forces, significantly higher values of  $F_{z_{peak}}$  and IMP were observed for DL compared to WI. It was observed significant difference between all intensities for  $F_{z_{peak}}$  and IMP on DL, and for IMP in WI. Nevertheless, a difference was observed between VT1 and higher intensities for  $F_{z_{peak}}$  in WI. In addition, in WI significantly lower  $F_{z_{peak}}$  values were observed for CCS compared to the other exercises. Regarding the EMG signal, significantly higher muscle activity was found for the FK, and lower for the SR, except in the TA muscle, which presented higher responses for the CCS compared to the other exercises. Moreover, there were significant differences between intensities for all muscle groups. According to the results, it might be concluded that, during water aerobics training is important to perform specific maximal tests in the aquatic exercises, since the HR,  $\dot{V}O_2$  and  $\dot{V}_e$  responses presented differences between water aerobic exercises and TRE. Another important issue that must be considered is the exercise and intensity to be prescribed. Exercises with similar characteristics to the CCS must

be prioritized if the aim is to attenuate the  $Fz_{peak}$  action, as it is important to highlight that this exercise presents intense neuromuscular activity in all the analyzed muscles, with the exception of GL. In order to minimize the  $Fz_{peak}$ , intensities corresponding to VT1 must be performed. However, the neuromuscular activity was significantly lower for all exercises and muscles analyzed at VT1. On the other hand, there is no difference in the  $Fz_{peak}$  between MAX and VT2; thus the maximal intensity is as safe to use as the VT2, with lower IMP and higher EMG activation in all the analyzed muscle groups. Notwithstanding, if the aim is to minimize the muscular activation, SR is recommended since it can be used during water aerobics with a similar cardiorespiratory intensity to the other evaluated exercises, while inducing lower peripheral fatigue.

**Keywords:** oxygen uptake; eletromyographic activity; vertical ground reaction forces; immersion.

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

Author: Cristine Lima Alberton

Advisor: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl

Thesis' title: Cardiorespiratory, neuromuscular and kinetic responses of water aerobic exercises

Porto Alegre, 2011

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL .....	14
1.1	OBJETIVO GERAL .....	16
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
2.1	Hidroginástica.....	17
2.2	Respostas cardiorrespiratórias de exercícios aquáticos.....	19
2.3	Respostas neuromusculares de exercícios aquáticos.....	37
2.4	Respostas cinéticas de exercícios aquáticos.....	52
3	MÉTODOS.....	59
4	RESULTADOS .....	60
4.1	ESTUDO I: Respostas cardiorrespiratórias máximas e limiares ventilatórios de diferentes exercícios de hidroginástica comparados à esteira terrestre .....	60
4.1.1	INTRODUÇÃO .....	61
4.1.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	63
4.1.3	RESULTADOS.....	70
4.1.4	DISCUSSÃO .....	75
4.1.5	CONCLUSÃO .....	85
4.1.6	APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	85
4.1.7	REFERÊNCIAS.....	86
4.2	ESTUDO II: Análise da força de reação vertical do solo em exercícios de hidroginástica realizados nos meios aquático e terrestre em diferentes intensidades de esforço .....	90
4.2.1	INTRODUÇÃO .....	91
4.2.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	93
4.2.3	RESULTADOS.....	101
4.2.4	DISCUSSÃO .....	106
4.2.5	CONCLUSÃO .....	110
4.2.6	APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	111
4.2.7	REFERÊNCIAS.....	112
4.3	ESTUDO III: Respostas cardiorrespiratórias, neuromusculares e cinéticas em exercícios de hidroginástica realizados em diferentes intensidades de esforço .....	114
4.3.1	INTRODUÇÃO .....	115
4.3.2	MATERIAIS E MÉTODOS .....	118
4.3.3	RESULTADOS.....	132
4.3.4	DISCUSSÃO .....	137
4.3.5	CONCLUSÃO .....	143
4.3.6	APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	143
4.3.7	REFERÊNCIAS.....	144
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	150
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	153
	ANEXOS .....	165
	ANEXO A.....	165
	ANEXO B.....	167



## LISTA DE FIGURAS

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- Figura 1 – Curva força-tempo para a força de reação do solo vertical no exercício Garça realizado fora da água e em imersão na cicatriz umbilical e no ombro. Fonte: Krueel (2000). 54
- Figura 2 – Curva força-tempo para a força de reação do solo vertical na caminhada fora da água (linha espessa) e em imersão na axila (linha fina). Fonte: Adaptado de Miyoshi et al. (2004). 57

### ESTUDO I

- Figura 1 – Exercícios aquáticos: Corrida estacionária (A), Chute frontal (B) e Deslize frontal (C). 66
- Figura 2 – Respostas de frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e ventilação ( $\dot{V}e$ ) no máximo esforço (MAX) entre os protocolos de testes progressivos realizados em esteira (EST) e nos exercícios aquáticos corrida estacionária (CE), chute frontal (CF) e deslize frontal (DF). 72
- Figura 3 – Respostas de frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e ventilação ( $\dot{V}e$ ) no primeiro limiar ventilatório (LV1) entre os protocolos de testes progressivos realizados em esteira (EST) e nos exercícios aquáticos corrida estacionária (CE), chute frontal (CF) e deslize frontal (DF). 73
- Figura 4 – Respostas de frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e ventilação ( $\dot{V}e$ ) no segundo limiar ventilatório (LV2) entre os protocolos de testes progressivos realizados em esteira (EST) e nos exercícios aquáticos corrida estacionária (CE), chute frontal (CF) e deslize frontal (DF). 74
- Figura 5 – Respostas dos percentuais da frequência cardíaca máxima ( $\%FC_{max}$ ) e do consumo de oxigênio máximo ( $\%\dot{V}O_{2max}$ ) no primeiro (LV1) e segundo (LV2) limiares ventilatórios entre os protocolos de testes progressivos realizados em esteira (EST) e nos exercícios aquáticos corrida estacionária (CE), chute frontal (CF) e deslize frontal (DF). 75

### ESTUDO II

- Figura 1 – Desenho esquemático do protocolo de coleta de dados. 97
- Figura 2 – Exercícios: Corrida estacionária (A), Chute frontal (B) e Deslize frontal (C). 98
- Figura 3 – Exemplo de controle da amplitude de movimento. 99
- Figura 4 – Curva média força X tempo para os diferentes exercícios realizados nas cadências correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX) nos meios aquático (MA) e terrestre (MT). 102
- Figura 5 – Curva força X tempo, apresentada através de valores médios  $\pm$  desvios-padrão, para os diferentes exercícios e diferentes intensidades, primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX), realizados nos meios aquático e terrestre. 104

Figura 6 – Respostas de força de reação vertical do solo de pico ( $Fz_{\text{pico}}$ ) para os exercícios corrida estacionária (CE), chute frontal (CF) e deslize frontal (DF) executados nas intensidades correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX) nos meios aquático e terrestre. ....	105
Figura 7 – Respostas de impulso para os diferentes exercícios executados nas intensidades correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX) nos meios aquático (MA) e terrestre (MT). ....	106

### **ESTUDO III**

Figura 1 – Isolamento dos eletrodos. ....	122
Figura 2 – Exemplo de contração voluntária máxima isométrica de extensores de quadril. ....	123
Figura 3 – Desenho esquemático do protocolo de coleta de dados. ....	125
Figura 4 – Exercícios aquáticos: Corrida estacionária (A), Chute frontal (B) e Deslize frontal (C). ....	126
Figura 5 – Exemplo de controle da amplitude de movimento. ....	127
Figura 6 – Respostas de consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e percentual do consumo de oxigênio máximo ( $\% \dot{V}O_{2\text{max}}$ ) para os exercícios corrida estacionária (CE), chute frontal (CF) e deslize frontal (DF) executados nas intensidades correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1) e segundo limiar ventilatório (LV2). ....	134
Figura 7 – Respostas de sinal eletromiográfico dos músculos reto femoral (RF), semitendinoso (ST), vasto lateral (VL), porção curta do bíceps femoral (BF), tibial anterior (TA) e gastrocnêmio lateral (GL) para os exercícios corrida estacionária (CE), chute frontal (CF) e deslize frontal (DF) executados nas intensidades correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX). ....	135
Figura 8 – Respostas do valor de pico da força de reação do solo vertical ( $Fz_{\text{pico}}$ ) para os exercícios corrida estacionária (CE), chute frontal (CF) e deslize frontal (DF) executados nas intensidades correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX). ....	136

## LISTA DE TABELAS

### ESTUDO I

Tabela 1 – Caracterização da amostra. ....	64
Tabela 2 – Média, desvio-padrão (DP) e valor de $p$ das variáveis cardiorrespiratórias de repouso pré-protocolos fora (PRÉ) e dentro da água (PRÉ-IM).....	71
Tabela 3 – Média e desvio-padrão (DP) do tempo de exaustão, taxa de troca respiratória (RER) e índice de esforço percebido (IEP) máximos obtidos nos diferentes protocolos de testes progressivos. ....	71
Tabela 4 – Média e desvio-padrão (DP) das cadências e velocidade correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX) obtidos nos protocolos de testes progressivos. ....	72

### ESTUDO II

Tabela 1 – Caracterização da amostra. ....	94
Tabela 2 – Média e desvio-padrão (DP) das cadências correspondentes às intensidades de primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX) para os diferentes exercícios. ....	96
Tabela 3 – Média e desvio-padrão (DP) da duração da fase de apoio (DUR) e do tempo percentual da ocorrência da $Fz_{pico}$ ( $\%T-Fz_{pico}$ ) para os diferentes exercícios realizados nas cadências correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX) nos meios aquático e terrestre. ....	102
Tabela 4 – Média e desvio-padrão (DP) da força de reação vertical do solo (Fz) para os diferentes exercícios realizados nas cadências correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX) comparando os meios aquático e terrestre. ....	103

### ESTUDO III

Tabela 1 – Caracterização da amostra. ....	118
Tabela 2 – Média, desvio-padrão (DP) e valor de $p$ do consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) de repouso nas situações pré-protocolo (PRÉ), imersão pré-protocolo (PRÉ-IM), imersão repouso 1 (REP1-IM) e imersão repouso 2 (REP2-IM). ....	132
Tabela 3 – Média, desvio-padrão (DP) e valor de $p$ da força muscular dos grupos musculares flexores (FQ) e extensores (EQ) do quadril, extensores (EJ) e flexores (FJ) do joelho e flexores dorsais (FDT) e plantares (FPT) do tornozelo e do sinal eletromiográfico dos músculos reto femoral (RF), semitendinoso (ST), vasto lateral (VL), porção curta do bíceps femoral (BF), tibial anterior (TA) e gastrocnêmio lateral (GL) durante contração voluntária máxima (CVM) realizada nos momentos pré e pós protocolo experimental.....	133
Tabela 4 – Média, desvio-padrão (DP), valores mínimos e máximos da frequência de execução dos diferentes exercícios realizados nas cadências correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX).....	133

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BF	Porção curta do músculo bíceps femoral
CE	Exercício corrida estacionária
CF	Exercício chute frontal até 45°
CVM	Contração isométrica voluntária máxima
DF	Exercício deslize frontal
DUR	Duração da fase de apoio do pé
EJ	Extensores de joelho
EMG	Eletromiografia
EQ	Extensores de quadril
EST	Exercício esteira terrestre
FC	Frequência cardíaca
FC <sub>max</sub>	Frequência cardíaca máxima
FDT	Flexores dorsais de tornozelo
FJ	Flexores de joelho
FPT	Flexores plantares de tornozelo
FQ	Flexores de quadril
FRS	Força de reação do solo
F <sub>x</sub>	Força de reação do solo ântero-posterior
F <sub>y</sub>	Força de reação do solo médio-lateral
F <sub>z</sub>	Força de reação do solo vertical
F <sub>z</sub> <sub>pico</sub>	Pico da força de reação do solo vertical
GE	Gasto energético
GL	Músculo gastrocnêmio lateral
LA	Concentração de lactate sanguíneo
MET	Unidades de equivalente metabólico
ICC	Índice de correlação intraclasse
IEP	Índice de esforço percebido
IMP	Impulso
LV1	Primeiro limiar ventilatório
LV2	Segundo limiar ventilatório
MA	Meio aquático
MAX	Máximo esforço
MT	Meio terrestre
PC	Peso corporal
PH	Peso hidrostático
PRÉ	Repouso pré-protocolo fora da água
PRÉ-IM	Repouso pré-protocolo dentro da água
REP1-IM	Repouso 1 em imersão
REP2-IM	Repouso 2 em imersão
RER	Taxa de troca respiratória

RF	Músculo reto femoral
ST	Músculo semitendinoso
TA	Músculo tibial anterior
VL	Músculo vasto lateral
$\dot{V}_e$	Ventilação pulmonary
$\dot{V}_{e_{\max}}$	Ventilação maxima
$\dot{V}_e/\dot{V}CO_2$	Equivalente ventilatório de dióxido de carbono
$\dot{V}_e/\dot{V}O_2$	Equivalente ventilatório de oxigênio
$\dot{V}CO_2$	Produção de dióxido de carbono
$\dot{V}O_2$	Consumo de oxigênio
$\dot{V}O_{2\max}$	Consumo de oxigênio máximo
%FC <sub>max</sub>	Percentual da frequência cardíaca máxima
%G	Percentual de gordura corporal
%PH	Percentual de redução do peso hidrostático
%T-Fz <sub>pico</sub>	Tempo percentual da ocorrência da força de reação do solo vertical de pico
% $\dot{V}O_{2\max}$	Percentual do consumo de oxigênio máximo

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A hidroginástica vem ganhando, recentemente, destaque na literatura científica. Pesquisas tem sido desenvolvidas com programas de hidroginástica periodizados, e tem demonstrado que essa modalidade é capaz de promover melhorias na qualidade de vida e em diversas valências físicas dos praticantes (Bravo et al., 1997; Petrick et al., 2001; Pöyhönen et al., 2002; Takeshima et al., 2002; Devereaux et al., 2005; Gappmaier et al., 2006; Tsourlou et al., 2006; Sato et al., 2007; Volaklis et al., 2007; Bocalini et al., 2008; Rotstein et al., 2008; Colado et al., 2009; Graef et al., 2010; Katsura et al., 2010). Além disso, outros estudos tem se preocupado em investigar as respostas fisiológicas e biomecânicas agudas decorrentes de sua prática. Todavia, ao contrário das modalidades aquáticas cíclicas, tais como a caminhada e corrida aquática, a corrida em piscina funda e o cicloergômetro submerso, a hidroginástica é uma modalidade acíclica, constituída por vários exercícios aquáticos específicos, baseados no aproveitamento da resistência da água como sobrecarga (Kruel, 1994). Conseqüentemente, a sua prescrição é mais delicada, já que quantificar e controlar a carga desses movimentos é mais difícil (Raffaelli et al., 2010), existindo assim a necessidade de pesquisas que analisem tais respostas em diferentes exercícios.

Logo, ao contrário das outras modalidades aquáticas supracitadas (Craig & Dvorak, 1969; McArdle et al., 1976; Sheldahl et al., 1984; Christie et al., 1990; Connely et al., 1990; Butts et al., 1991; Town & Bradley, 1991; Svedenhag & Seger, 1992; Frangolias & Rhodes, 1995; Michaud et al., 1995; Mercer & Jensen, 1998; Dowzer et al., 1999; Nakanishi et al., 1999a,b; Pantoja et al., 2006; Silvers et al., 2007; Tiggemann et al., 2007), estudos com o

intuito de analisar as respostas cardiorrespiratórias no esforço máximo e nos limiares ventilatórios em protocolos de testes executados em exercícios de hidroginástica são escassos na literatura (Darby & Yaekle, 2000; Antunes et al., 2009; Kanitz et al., 2009).

Da mesma forma, embora muitos estudos tenham sido desenvolvidos com o objetivo de analisar a amplitude do sinal eletromiográfico de músculos de membros superiores, membros inferiores e tronco (Fujisawa et al., 1998; Kelly et al., 2000; Pöyhönen et al., 1999, 2001a,b; Pöyhönen & Avela, 2002; Masumoto et al., 2004, 2005, 2007a,b, 2008; Rainoldi et al., 2004; Miyoshi et al., 2004, 2006; Müller et al., 2005; Barela et al., 2006; Black et al., 2006; Veneziano et al., 2006; Benfield et al., 2007; Chevutschi et al., 2007; Kaneda et al., 2007, 2008, 2009; Shono et al., 2007; Alberton et al., 2006, 2008a; Barela & Duarte, 2008; Kalpakcioglu et al., 2009; Carvalho et al., 2010; Pinto et al., 2010; Silvers & Dolny, 2011) e das forças de reação do solo vertical, ântero-posterior e médio-lateral (Harrisson et al., 1992; Nakazawa et al., 1994; Miyoshi et al., 2004, 2006; Barela et al., 2006; Roesler et al., 2006; Barela & Duarte, 2008; Triplett et al., 2009; Hauptenthal et al., 2010) em modalidades aquáticas, essas variáveis tem sido raramente avaliadas em exercícios aeróbicos de hidroginástica (Kruehl, 2000; Alberton et al., 2007a; Alberton et al., 2011a; Pinto et al., 2011). Nesse contexto, nenhuma dessas pesquisas desenvolvidas investigou as respostas neuromusculares e cinéticas de exercícios de hidroginástica realizados nas intensidades correspondentes ao primeiro e segundo limiares ventilatórios e máximo esforço. Além disso, de acordo com a literatura pesquisada, não há estudos que tenham comparado tais respostas entre diferentes exercícios realizados nessas intensidades.

Uma vez que o conhecimento das respostas cardiorrespiratórias, neuromusculares e cinéticas de diferentes exercícios de hidroginástica em distintas intensidades de esforço é fundamental para uma melhor prescrição dessa modalidade, torna-se necessária a realização de um estudo que investigue essas respostas e analise a relação entre elas.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as respostas cardiorrespiratórias, neuromusculares e cinéticas de mulheres jovens em diferentes exercícios de hidroginástica realizados em diferentes intensidades de esforço.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar e comparar as respostas cardiorrespiratórias no primeiro limiar ventilatório, no segundo limiar ventilatório e no máximo esforço de mulheres jovens entre testes progressivos máximos realizados em diferentes exercícios de hidroginástica e em esteira terrestre.
- Determinar e comparar as respostas de força de reação do solo vertical de mulheres jovens realizando diferentes exercícios de hidroginástica nas intensidades correspondentes ao primeiro limiar ventilatório, ao segundo limiar ventilatório e ao máximo esforço entre os meios aquático e terrestre.
- Determinar e comparar as respostas de consumo de oxigênio, amplitude do sinal eletromiográfico dos músculos reto femoral, semitendinoso, vasto lateral, porção curta do bíceps femoral, tibial anterior e gastrocnêmio lateral, e força de reação do solo vertical de mulheres jovens realizando diferentes exercícios de hidroginástica nas intensidades correspondentes ao primeiro limiar ventilatório, ao segundo limiar ventilatório e ao máximo esforço.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Hidroginástica

A hidroginástica pode ser definida como uma forma alternativa de condicionamento físico, constituída de exercícios aquáticos específicos, baseados no aproveitamento da resistência da água como sobrecarga (Kruel, 1994). A fim de respeitar a característica específica dos exercícios realizados no meio aquático, os mesmos devem ser realizados de acordo com as propriedades físicas desse meio. Assim, podemos utilizar exercícios que produzam uma maior resistência ( $R = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \cdot Cd$ ) no meio aquático, em função da maior densidade ( $\rho$ ) da água comparada ao ar, pelo aumento da área projetada ( $A$ ) ou aumento da velocidade ( $v^2$ ) de execução dos movimentos (Alexander, 1977). Também podemos utilizar exercícios que busquem uma menor resistência no meio aquático, por meio da utilização do empuxo e conseqüente reduzido peso hidrostático em imersão (Harrison et al., 1992; Kruel, 1994; Finkelstein et al., 2004; Triplett et al., 2009). Outra característica importante é que ela é uma modalidade acíclica; logo, ao contrário das modalidades aquáticas cíclicas, tais como a caminhada e corrida aquática, a corrida em piscina funda e o cicloergômetro submerso, a sua prescrição é mais delicada, uma vez que quantificar e controlar a carga desses movimentos é mais difícil (Raffaelli et al., 2010).

Programas periodizados de hidroginástica tem sido o enfoque de pesquisas recentes, e os seus resultados tem demonstrando que essa modalidade é capaz de

promover melhorias na qualidade de vida e em diversas valências físicas dos praticantes, tais como condicionamento cardiorrespiratório, força muscular e composição corporal (Bravo et al., 1997; Petrick et al., 2001; Pöyhönen et al., 2002; Takeshima et al., 2002; Devereaux et al., 2005; Gappmaier et al., 2006; Tsourlou et al., 2006; Sato et al., 2007; Volaklis et al., 2007; Bocalini et al., 2008; Rotstein et al., 2008; Colado et al., 2009; Graef et al., 2010; Katsura et al., 2010). Além disso, exercícios realizados no meio aquático apresentam como vantagem uma menor sobrecarga cardiovascular decorrente da imersão (Kruel, 1994; Park et al., 1999; Srámek et al., 2000; Watenpaugh et al., 2000; Alberton & Kruel, 2009; Kruel et al., 2009a), um reduzido impacto nos membros inferiores (Harrison et al., 1992; Nakasawa et al., 1994; Kruel, 2000; Miyoshi et al., 2004; Barela et al., 2006; Roesler et al., 2006; Barela & Duarte, 2008; Triplett et al., 2009) e níveis mais baixos de dor e lesão muscular após treinamento (Robinson et al., 2004; Pantoja et al., 2009) comparado aos exercícios terrestres. Portanto, a hidroginástica pode ser uma alternativa viável de exercício físico para indivíduos com problemas articulares (Wyatt et al., 2001; Foley et al., 2003; Suomi & Collier, 2003; Valtonen et al., 2010), doença arterial coronariana (Volaklis et al., 2007; Tokmakidis et al., 2008), doença pulmonar obstrutiva crônica (Wadell et al., 2003), idosos (Alves et al., 2004; Devereux et al., 2005), gestantes (Katz, 2003; Finkelstein et al., 2006; Bgeginski et al., 2009), entre outros.

No entanto, além de analisar os efeitos crônicos decorrentes do treinamento nessa modalidade, é importante aprofundar o conhecimento das suas respostas fisiológicas e biomecânicas agudas a fim de otimizar a sua prescrição. Essa atividade física vem ganhando destaque recentemente na literatura científica, especialmente as suas respostas cardiorrespiratórias, que tem sido amplamente exploradas em exercícios aeróbicos de hidroginástica (Johnson et al., 1977; Heberlein et al., 1987; Cassady &

Nielsen, 1992; Eckerson & Anderson, 1992; Krueel, 2000; D'Acquisto et al., 2001; Heithold & Glass, 2002; Campbell et al., 2003; Benelli et al., 2004; Alberton et al., 2005, 2007b, 2008b, 2009, 2011a,b; Pinto et al., 2006, 2008, 2011; Barbosa et al., 2007; Costa et al., 2008; Antunes et al., 2009; Nicolai et al., 2009; Krueel et al., 2009a, 2011; Raffaelli et al., 2010). Por outro lado, as respostas neuromusculares (Alberton et al., 2011a; Pinto et al., 2011) e cinéticas (Krueel, 2000) tem sido raramente abordadas nesse tipo de exercício, e merecem mais atenção na literatura.

## **2.2 Respostas cardiorrespiratórias de exercícios aquáticos**

Diferentes estudos foram desenvolvidos com o intuito de analisar e descrever as respostas cardiorrespiratórias durante sessões e exercícios de hidroginástica. Esses estudos verificaram o comportamento de variáveis como a frequência cardíaca (FC), o consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ), o gasto energético (GE) e unidades de equivalente metabólico (MET) em distintos exercícios e modelos de aulas com diferentes indicadores de intensidade, exercícios e populações.

O estudo de Eckerson & Anderson (1992) avaliou as respostas de FC,  $\dot{V}O_2$  e GE de 16 mulheres jovens durante uma aula de hidroginástica com duração de 45 min. A aula foi composta por diferentes exercícios de membros inferiores, tais como corrida estacionária, chute frontal e várias formas de giros e saltos, associados a exercícios de membros superiores com movimentos realizados dentro e fora da água, tais como empurra a frente, flexão e extensão dos ombros, flexão e extensão dos cotovelos movimento de palmas, realizados no ritmo de execução de 150 bpm em uma temperatura de água de 26,3°C. Como resultados, a FC média durante a aula

representou 82% da FC máxima ( $FC_{\max}$ ) e 74% da FC de reserva, enquanto o  $\dot{V}O_2$  médio representou 48% do  $\dot{V}O_2$  máximo ( $\dot{V}O_{2\max}$ ). O GE apresentou uma média de  $5,7 \pm 1,6 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ , totalizando 256 kcal durante a sessão completa.

Outro estudo que também teve o objetivo de descrever as respostas cardiorrespiratórias em uma sessão de exercícios aquáticos foi o de Nikolai et al. (2009). Nesse estudo, as respostas de FC,  $\dot{V}O_2$ , MET e GE de 14 indivíduos de ambos os sexos foram avaliadas durante uma aula de hidroginástica com duração de 50 min. A aula foi realizada em intensidade auto-selecionada, composta por séries de 20 a 30 s de vários movimentos aeróbicos e ao final, exercícios abdominais. Os sujeitos foram mantidos durante a aula em imersão na profundidade do peito e temperatura entre  $26,7$  a  $28,4^\circ\text{C}$ . Como resultados, a intensidade média foi correspondente a 43,4% da FC de reserva e 42,2% do  $\dot{V}O_2$  de reserva, correspondendo a  $4,26 \pm 0,96$  METs e totalizando  $249,1 \pm 94,5$  kcal por sessão.

Da mesma forma, D'Acquisto et al. (2001) objetivaram descrever o comportamento cardiorrespiratório de 16 mulheres idosas em uma aula de hidroginástica realizada em uma intensidade de esforço auto-selecionada com duração de 40 min. A aula foi composta por exercícios de caminhadas com movimentos de braços variados, pêndulos, variações de corridas estacionárias, chutes, saltitos, deslizes frontais, deslizes laterais, entre outros. Os sujeitos foram mantidos imersos na profundidade entre processo xifóide e axila, em uma temperatura de aproximadamente  $28^\circ\text{C}$ . Os resultados demonstraram que as respostas de MET estimado, FC e GE por minuto durante a parte principal da aula variaram de 5,2 a 5,4 METs; 110 a 112 bpm e 5 a  $5,5 \text{ kcal}\cdot\text{min}^{-1}$ , respectivamente. A intensidade da aula variou de 40 a 61% do MET máximo predito e 66 a 78% da  $FC_{\max}$  predita, com um GE total de 190 kcal.

A mesma metodologia do estudo de D'Acquisto et al. (2001) foi empregada na pesquisa realizada por Campbell et al. (2003), porém comparando diferentes grupos etários durante a aula de hidroginástica: 11 mulheres idosas (63-72 anos) e 11 mulheres jovens (19-24 anos). As respostas de MET, %FC<sub>max</sub> e GE por minuto foram significativamente maiores para o grupo de idosas comparado ao grupo de jovens. Para as idosas, os valores de MET máximo predito foram de  $61,5 \pm 2,5\%$  e os valores de GE por minuto variaram de 2,92 a 5,78 kcal.min<sup>-1</sup>, enquanto para as jovens, de  $48,8 \pm 2,2\%$  e de 4,40 a 8,88 kcal.min<sup>-1</sup>, respectivamente.

Já a pesquisa de Kruehl et al. (2009a) descreveu e comparou dois modelos de aula de hidroginástica: contínuo e intervalado. Ambas as aulas foram realizadas por dez mulheres jovens durante 32 min, com a mesma sequência de exercícios, variando apenas as intensidades, controladas através do índice de esforço percebido (IEP). Os exercícios de membros inferiores realizados foram a corrida estacionária, o deslize frontal, o deslize lateral e o chute frontal, todos executados com o movimento de membros superiores de empurra a frente. Os modelos de aula foram executados com os indivíduos em imersão na profundidade dos ombros em uma temperatura entre 32 e 33°C. Para a aula contínua utilizou-se a intensidade um pouco intenso (IEP 13), já para a aula intervalada, utilizou-se as intensidades muito intenso (IEP 17) e muito leve (IEP 9) para estímulo e recuperação ativa, respectivamente. A aula intervalada apresentou valores médios de  $\dot{V}O_2$ , FC e GE por minuto ( $15,50 \pm 2,80$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $132,80 \pm 15,70$  bpm e  $4,60 \pm 0,90$  kcal.min<sup>-1</sup>) significativamente maiores que a aula contínua ( $10,70 \pm 2,70$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $118,00 \pm 14,80$  bpm e  $3,20 \pm 0,80$  kcal.min<sup>-1</sup>), com as sessões de aula totalizando 148,4 e 102,4 kcal, respectivamente.

Souza et al. (2011) também decreveram e compararam as respostas cardiorrespiratórias de dois modelos de aula de hidroginástica, todavia a estratégia

utilizada foi a ênfase no treinamento de força. As respostas de  $\dot{V}O_2$  e GE foram mensuradas em dez mulheres jovens que realizaram quatro sessões de aulas. Cada sessão foi composta por três blocos de exercícios executados na máxima velocidade, um modelo consistindo em 3 séries de 20 s (duração total de 34 min) e outro de 6 séries de 10 s (duração total de 43 min), ambos realizados sem equipamento e com equipamento resistivo nos membros inferiores e superiores. As sessões de aulas foram executadas com os indivíduos imersos na profundidade dos ombros em uma temperatura entre 32 e 33°C. Os resultados demonstraram que não houve diferença no  $\dot{V}O_2$  e GE por minuto entre os dois modelos de aula, todavia, o uso de equipamento resistivo aumentou significativamente as respostas de  $\dot{V}O_2$  (modelo 3 X 20 s: sem equipamento  $11,94 \pm 1,14 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ; com equipamento  $13,74 \pm 1,80 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ; modelo 6 X 10 s: sem equipamento  $13,90 \pm 3,30 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ; com equipamento  $14,90 \pm 3,25 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) e GE (modelo 3 X 20 s: sem equipamento  $3,39 \pm 0,25 \text{ kcal.min}^{-1}$ ; com equipamento  $3,90 \pm 0,59 \text{ kcal.min}^{-1}$ ; modelo 6 X 10 s: sem equipamento  $3,75 \pm 0,71 \text{ kcal.min}^{-1}$ ; com equipamento  $3,91 \pm 0,75 \text{ kcal.min}^{-1}$ ).

Além de descrever as respostas fisiológicas de sessões de exercícios executados no meio aquático, outros estudos compararam essas com as mesmas rotinas executadas no meio terrestre. Heberlein et al. (1987) avaliaram dez mulheres em duas rotinas de exercícios, uma realizada no meio terrestre e outra no meio aquático. Ambas as rotinas foram realizadas com a mesma sequência de movimentos, duração e música durante 8 min. Respostas significativamente mais baixas foram observadas para todas as variáveis analisadas no meio aquático ( $\dot{V}O_2$ :  $19,0 \pm 5,0 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ; FC:  $143 \pm 2 \text{ bpm}$ ) comparado ao meio terrestre ( $\dot{V}O_2$ :  $27,7 \pm 2,0 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ; FC:  $170 \pm 6 \text{ bpm}$ ).

Heithold & Glass (2002) também avaliaram sete mulheres realizando a mesma rotina de exercícios aeróbicos nos meios aquático e terrestre. Na rotina de exercícios aquáticos, os sujeitos foram mantidos em imersão na profundidade dos ombros e temperatura de 28°C. Cada rotina teve a duração de 24 min, executada em intensidade de esforço auto-selecionada, com uma sequência pré-estabelecida de exercícios de membros superiores fora da água (palmas acima da cabeça, socos alternados, circundação dos ombros para frente, circundação dos ombros para trás, socos cruzados), membros inferiores (chute frontal, corrida estacionária, deslize lateral, corrida posterior, chute cruzado), membros superiores dentro da água (mesmos movimentos de membros superiores supracitados realizados abaixo da superfície da água) e membros superiores e inferiores simultaneamente (corrida estacionária associada a movimentos de rotação do tronco para tocar o cotovelo no joelho oposto, chute frontal associado a socos alternados, corrida estacionária associada à circundação dos ombros para trás, *twist*). Os resultados demonstraram que os sujeitos se exercitaram de 66 a 88% da  $FC_{max}$  predita para a idade, sendo as respostas da FC significativamente maiores no meio terrestre (variação de  $126,00 \pm 12,23$  a  $141,50 \pm 13,70$  bpm) do que no meio aquático (variação de  $105,00 \pm 5,72$  a  $112,21 \pm 10,55$  bpm).

Ainda comparando os meios aquático e terrestre, Benelli et al. (2004) analisaram as respostas fisiológicas de dez indivíduos realizando uma mesma sessão de exercícios aeróbicos em três situações: fora da água, em imersão em piscina rasa (0,8 m) e em imersão em piscina funda (1,4 m) (temperatura de 27,5°C). Cada sessão foi realizada em ritmos de execução auto-selecionados; na primeira metade os exercícios foram realizados em um ritmo de execução lento; na segunda, em ritmo de execução rápido, com uma duração total de 30 min. Como resultados, a FC apresentou valores mais elevados para a sessão de exercícios realizada em terra (ritmo lento: 138 bpm; ritmo

rápido: 161,5 bpm), seguida pela sessão realizada em piscina rasa (ritmo lento: 121,5 bpm; ritmo rápido: 154 bpm) e em piscina funda (ritmo lento: 97,5 bpm; ritmo rápido: 113,5 bpm).

As diferenças entre os meios aquático e terrestre para as sessões de aula observadas nas pesquisas de Heberlein et al. (1987) e Heithold & Glass (2002) podem ser atribuídas aos tipos de exercícios realizados. Os mesmos apresentavam oscilações verticais do corpo e exercícios executados com pouca área projetada dos membros, reduzindo assim o dispêndio energético no meio aquático. Ao contrário das pesquisas acima mencionadas, no estudo de Benelli et al. (2004) os exercícios realizados não foram especificamente descritos para podermos ter uma maior compreensão acerca dessas respostas, assim como a determinação da intensidade, mas os autores sugerem que para uma mesma carga, os exercícios aquáticos apresentam uma menor demanda energética.

Embora os estudos supracitados apresentem resultados importantes, tais respostas só podem ser obtidas na prática ao aplicar-se exatamente os mesmos modelos de aula dos autores (sequência de exercícios, intensidades, profundidade de imersão e temperatura da água). Logo, a análise das respostas cardiorrespiratórias de exercícios de hidroginástica individualmente faz-se necessária, uma vez que facilita a compreensão e possibilita que diferentes modelos de aula possam ser planejados.

Os estudos que avaliaram exercícios específicos de hidroginástica apresentam distintas respostas cardiorrespiratórias devido aos diferentes movimentos estudados, que variam de acordo com o tipo de deslocamento e propriedade física da água utilizada. Esses estudos objetivaram comparar o comportamento cardiorrespiratório de indivíduos em diferentes tipos de exercícios, meios, ritmos de execução, populações e uso de equipamentos.



Johnson et al. (1977) analisaram o comportamento do  $\dot{V}O_2$  de oito indivíduos de ambos os sexos, em exercícios localizados de hidroginástica, realizados na profundidade dos ombros em temperatura entre 26 e 26,5°C, comparado ao mesmo executado no meio terrestre. O exercício de membros superiores foi realizado na cadência de 66 bpm, com a combinação da abdução e adução e flexão e extensão dos ombros de 0 a 90°. O exercício de membros inferiores foi realizado na cadência de 58 bpm, com a flexão e extensão alternada do quadril. Como resultados, para o meio aquático foi observado um maior  $\dot{V}O_2$  para os exercícios de membros superiores e inferiores, tanto para homens como para mulheres. Além disso, o  $\dot{V}O_2$  dos homens foi mais elevado do que o das mulheres.

Análises similares foram realizadas por Cassady & Nielsen (1992), que avaliaram o comportamento do  $\dot{V}O_2$  de 40 indivíduos de ambos os sexos, em exercícios localizados de hidroginástica, realizados em imersão na profundidade dos ombros em temperatura de 30°C. Os exercícios foram semelhantes aos realizados por Johnson et al. (1977), porém executados nas cadências de 60, 80 e 100 bpm. As respostas de  $\dot{V}O_2$  foram elevadas com o aumento da cadência, sendo que os homens demonstraram valores maiores do que as mulheres tanto no meio aquático quanto no meio terrestre. Essas diferenças entre os sexos são causadas pela tendência de as mulheres apresentarem um maior percentual de gordura e membros geralmente menores e mais curtos que os homens, que oferecem menor resistência às forças hidrodinâmicas. Membros inferiores atingiram uma maior intensidade para cada cadência testada quando comparado com os membros superiores. Isso pode ser explicado pelo fato de os membros inferiores serem mais longos, com uma maior massa muscular, e representarem uma maior área projetada a ser vencida contra a resistência da água.

Além disso, exercícios com membros inferiores e superiores na água resultaram em maiores valores de  $\dot{V}O_2$  do que na terra, assim como os resultados observados por Johnson et al. (1977).

Esse maior  $\dot{V}O_2$  no meio aquático encontrado nos estudos acima mencionados foi ocasionado pelo tipo de exercício realizado. Tanto para membros superiores como inferiores, os movimentos foram localizados, executados em completa extensão e em grande amplitude, representando uma grande área projetada a ser vencida contra a resistência da água. Além disso, a diferença na densidade entre os meios pode elevar a intensidade no meio aquático para determinados exercícios quando executados na mesma velocidade que no meio terrestre, visto que a água é muito mais densa que o ar, com valores que correspondem a 1000 e 1,2 kg.m<sup>-3</sup>, respectivamente (McGinnis, 2005).

Resultados divergentes aos dos estudos anteriores foram encontrados por Kruehl (2000). Seu estudo analisou o comportamento de FC e  $\dot{V}O_2$  de 23 mulheres, que foram subdivididas em cinco grupos, cada um executando um tipo de exercício de hidroginástica: pêndulo lateral, corrida estacionária, corrida posterior associada à flexão até 90° e extensão alternada dos ombros, corrida posterior associada à flexão e extensão alternada dos cotovelos e corrida posterior associada à adução e abdução alternada dos ombros e mãos tocando o calcanhar oposto. Esses exercícios foram executados nas situações fora da água e em imersão nas profundidades de ombro e de cicatriz umbilical (temperatura entre 30 e 31°C). A cadência de cada um dos exercícios foi correspondente ao IEP 13 (um pouco intenso) da Escala de Borg (6-20). As variáveis analisadas não apresentaram diferenças significativas entre os cinco exercícios realizados. Os exercícios realizados na profundidade de cicatriz umbilical demonstraram uma diminuição não significativa de 6,25% para a FC e de 11,94% para o  $\dot{V}O_2$  em relação

aos exercícios realizados fora da água. Para a profundidade do ombro houve uma diminuição significativa de 17,36% e de 25,57% na FC e no  $\dot{V}O_2$ , respectivamente. Segundo o autor, esses resultados demonstram que indivíduos, ao realizarem exercícios de hidroginástica em intensidade moderada, têm seu gasto energético diminuído à medida que aumenta a profundidade de imersão. É importante salientar que todos os exercícios utilizados nesse estudo eram estacionários, sem deslocamentos horizontais e apresentavam pequenas áreas projetadas.

Barbosa et al. (2007) desenvolveram uma metodologia similar, contudo, analisando o exercício de hidroginástica cavalo-marinho. As variáveis FC,  $\dot{V}O_2$  e GE foram avaliadas em 16 sujeitos jovens de ambos os sexos realizando o exercício nas situações fora da água e em imersão nas profundidades de quadril e peito (temperatura de 29°C). O exercício foi executado na cadência correspondente a 136 bpm no tempo de água (2 bpm para cada fase do exercício) em todas as situações. Como resultados, o  $\dot{V}O_2$  foi diferente entre as três situações, com valores significativamente maiores fora da água, seguido de imersão no quadril e imersão no peito. O GE foi significativamente maior fora da água comparado às duas situações de imersão, enquanto a FC foi significativamente menor na situação de imersão no peito comparada às demais situações.

Respostas similares às dos estudos anteriores foram observadas no estudo de Alberton et al. (2009). Nessa pesquisa foram analisadas as respostas cardiorrespiratórias de 12 mulheres durante a execução do exercício corrida estacionária em imersão no meio aquático (profundidade entre processo xifóide e ombros e temperatura de 30°C) comparado ao meio terrestre. O exercício foi realizado em ambos os meios nas cadências de 60, 80 e 100 bpm. Valores de FC e  $\dot{V}O_2$  significativamente mais baixos

foram observados para o meio aquático em todas as intensidades. Além disso, as respostas cardiorrespiratórias aumentaram significativamente com o aumento da cadência de execução, devido ao aumento da velocidade do corpo em relação ao fluido, já que a velocidade é elevada ao quadrado e diretamente proporcional à resistência ao avanço (Alexander, 1977).

Esse menor  $\dot{V}O_2$  observado no meio aquático para esses exercícios de hidroginástica pode ser explicado devido à característica desses movimentos. Nos estudos de Krueel (2000), Barbosa et al. (2007) e Alberton et al. (2009), os exercícios realizados eram estacionários, com troca de apoio de um membro inferior para outro, ou seja, com deslocamento vertical do corpo. Segundo Krueel (1994), a imersão nas profundidades de quadril e cicatriz umbilical representa um peso hidrostático reduzido, variando de 46,6 a 54,9% do peso corporal, enquanto nas profundidades de processo xifóide e ombros, de 68,9 a 84,1%. Esse reduzido peso hidrostático representa um peso bem menor a ser deslocado na água, que é menor quanto maior a profundidade de imersão, ao contrário do peso corporal total, que deve ser deslocado e carregado fora da água (Alberton et al., 2009). Consequentemente, os exercícios aquáticos estudados, realizados no mesmo ritmo de execução dentro e fora da água apresentaram uma menor intensidade no meio líquido, e a mesma foi menor ainda quanto maior a profundidade.

Além da menor intensidade, as respostas de FC foram significativamente menores devido aos efeitos hidrostáticos da imersão. Com a imersão, ocorre uma diminuição da FC (Krueel, 1994; Park et al., 1999; Srámek et al., 2000; Watenpaugh et al., 2000; Alberton & Krueel, 2009; Krueel et al., 2009b), que pode ser atribuída aos efeitos da pressão hidrostática, que conduz a um aumento do retorno venoso e maior concentração de sangue na região central do corpo (Arborelius et al., 1972; Sheldahl et al., 1984; Connelly et al., 1990; Christie et al., 1990; Watenpaugh et al., 2000); e às

diferentes condições térmicas oferecidas pelo meio aquático, que facilitam a troca de calor entre o organismo e o meio ambiente, reduzindo a necessidade de distribuição do sangue da região central para a periferia (Craig & Dvorak, 1966; Graef et al., 2005).

Já o estudo desenvolvido por Kanitz et al. (2010), teve como objetivo comparar as respostas cardiorrespiratórias de seis mulheres jovens durante a execução da corrida estacionária fora da água, em imersão em piscina funda (profundidade dos ombros sem apoio dos pés) e em imersão em piscina rasa (profundidade entre processo xifóide e ombros). Além disso, as três situações foram realizadas com e sem deslocamento horizontal, sempre no ritmo de 80 bpm. A temperatura da água foi sempre mantida entre 30 e 32°C. As respostas de  $\dot{V}O_2$  foram significativamente menores na piscina rasa comparada ao meio terrestre. Já as respostas de FC foram significativamente menores para ambas as situações no meio aquático. Com relação ao deslocamento, não houve diferença no  $\dot{V}O_2$  entre as situações, no entanto, valores significativamente maiores de FC foram observados para o exercício realizado na piscina funda com deslocamento comparado a sem deslocamento.

Ainda no que se refere à diferença entre os meios, Alberton et al. (2005) analisaram o  $\dot{V}O_2$  de seis mulheres jovens ativas realizando três exercícios de hidroginástica dentro e fora da água. Os exercícios executados foram a corrida estacionária, o deslize lateral e o chute frontal até 45°, realizados nas cadências de 80, 100 e 120 bpm. No meio aquático, a temperatura foi mantida entre 32 e 33°C e a profundidade de imersão, no nível do processo xifóide. De acordo com os resultados, não foram observadas diferenças significativas no  $\dot{V}O_2$  entre os exercícios. Além disso, houve um aumento significativo do  $\dot{V}O_2$  com o aumento da cadência para todos os exercícios realizados. Entretanto, a influência do meio sobre o comportamento do  $\dot{V}O_2$

foi dependente do exercício e cadências realizados. Apenas o exercício deslize lateral apresentou um maior  $\dot{V}O_2$  fora da água comparado com o meio líquido para todas as cadências; ao passo que a corrida estacionária só foi significativamente maior fora da água na cadência de 100 bpm e o chute frontal não apresentou diferenças significativas entre os meios para nenhuma das cadências. Assim, de acordo com esse e os demais estudos supracitados, pode-se afirmar que não existe um padrão de comportamento do  $\dot{V}O_2$  entre o meio aquático e terrestre, pois seus valores são dependentes do ritmo de execução e do exercício realizado (que apresentam diferentes áreas projetadas e tipos de deslocamentos).

Além da comparação das respostas cardiorrespiratórias entre os meios aquático e terrestre, outros estudos analisaram essas respostas entre distintas áreas projetadas, através da utilização de diferentes exercícios e/ou equipamentos resistivos. Alberton et al. (2007b) analisaram oito mulheres pós-menopáusicas e compararam as respostas de FC e  $\dot{V}O_2$  entre oito diferentes exercícios de hidroginástica. Os exercícios executados foram a corrida estacionária, o chute frontal, o deslize frontal e o deslize lateral, cada um realizado com duas combinações de membros superiores, flexão e extensão horizontal de ombros e movimento empurra a frente, totalizando oito combinações. Cada exercício foi executado em imersão na profundidade do processo xifóide e temperatura entre 32 e 33°C, em um ritmo de execução de 60 bpm. Os resultados demonstraram diferenças significativas entre alguns pares dos oito exercícios, em que as respostas de FC e  $\dot{V}O_2$  para o exercício mais intenso (chute frontal associado à flexão e extensão horizontal de ombros) apresentaram os valores de  $135,94 \pm 10,45$  bpm e  $16,48 \pm 3,49$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, respectivamente, e para o menos intenso (deslize lateral associado ao movimento de membros superiores de empurra a frente), de  $97,04 \pm 11,92$  bpm e

$8,22 \pm 1,66 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , respectivamente. Essas respostas estão diretamente associadas com as diferentes massas musculares envolvidas, áreas projetadas dos segmentos e suas respectivas amplitudes de movimento, fatores esses que proporcionam diferentes velocidades angulares quando o ritmo de execução é fixo. Logo, ao planificar uma aula com a intensidade ritmada por música, é importante ter conhecimento de que a escolha de um exercício pode corresponder ao dobro do gasto energético de outro.

Raffaelli et al. (2010) analisaram 12 mulheres jovens e compararam as respostas de FC e  $\dot{V}O_2$  entre cinco diferentes exercícios de hidroginástica. Os exercícios executados foram a corrida estacionária, o chute frontal, o deslize frontal, o deslize lateral e a elevação lateral. Cada exercício foi executado em imersão na profundidade do peito e temperatura de  $28^\circ\text{C}$ , em três ritmos de execução, 110-120 bpm, 120-130 bpm e 130-140 bpm realizados no tempo de água. Os resultados demonstraram que houve um aumento significativo em todas as variáveis com o aumento do ritmo de execução. Ao comparar os exercícios, o deslize lateral e o deslize frontal apresentaram os menores valores, corrida estacionária apresentou os valores intermediários, e chute frontal e elevação lateral, os maiores valores, corroborando com os resultados de Alberton et al. (2007b).

O estudo de Alberton et al. (2008b) também comparou as respostas cardiorrespiratórias entre dois exercícios de hidroginástica, analisando um grupo de seis mulheres pós-menopáusicas ( $61,33 \pm 3,98$  anos) e outro de seis mulheres jovens ( $22,00 \pm 0,89$  anos). Cada grupo realizou dois exercícios, a corrida estacionária associada à flexão e extensão horizontal de ombros e o chute frontal até  $90^\circ$  associado ao movimento de membros superiores de empurrar a frente, ambos em imersão no processo xifóide e temperatura entre  $32,5$  e  $33^\circ\text{C}$ . Como resultados, diferenças

significativas na FC e no  $\dot{V}O_2$  foram observadas entre os exercícios para os dois grupos, com valores maiores para o exercício chute frontal. Além disso, maiores valores de  $\dot{V}O_2$  e FC foram encontrados para as mulheres jovens, independente do exercício. Contudo ao analisarem a intensidade relativa, as mulheres pós-menopáusicas apresentaram valores de  $\% \dot{V}O_{2\max}$  significativamente maiores, corroborando com os achados de Campbell et al. (2003). Esses resultados sugerem que uma cadência fixa de execução não é um parâmetro confiável para a prescrição de exercícios de hidroginástica em turmas compostas por mulheres de faixas etárias distintas, uma vez que ainda que as respostas de  $\dot{V}O_2$  e FC sejam similares, elas representam intensidades de esforço distintas, com base nos percentuais do máximo esforço. Os autores sugerem que o percentual dos valores fisiológicos máximos é, entre as respostas aos exercícios avaliados, o parâmetro mais confiável para tal prescrição.

Além de compararem as respostas cardiorrespiratórias entre diferentes exercícios, Pinto et al. (2006) também compararam essas respostas entre o uso ou não de diferentes equipamentos resistivos em membros inferiores. Para tanto, dez mulheres jovens realizaram dois exercícios, o deslize frontal e o deslize lateral, em três situações experimentais: sem equipamento resistivo, com o equipamento resistivo *Aqualogger* e com o equipamento resistivo *Aquafins*, ambos posicionados apenas nos membros inferiores. Cada situação foi realizada na cadência de 80 bpm, em imersão entre processo xifóide e ombros e temperatura entre 32 e 33°C. Ao compararem os diferentes exercícios, todas as situações apresentaram um comportamento mais elevado da FC e do  $\dot{V}O_2$  para o deslize frontal comparado ao deslize lateral, independente do uso ou não de equipamento. Essas diferenças estão relacionadas à velocidade angular e massa muscular envolvida nos exercícios, assim como no estudo de Alberton et al. (2007b).



Ao compararem as diferentes situações, o exercício deslize frontal apresentou um aumento significativo no  $\dot{V}O_2$  nas duas situações de uso do equipamento, enquanto o deslize lateral não apresentou diferenças significativas. Já o comportamento da FC foi diferente entre as três situações para os dois exercícios, com maiores valores para a situação de uso do equipamento *Aquafins*, seguido pelo uso do equipamento *Aqualogger* e por fim sem uso de equipamento.

Em estudo subsequente, Pinto et al. (2008) também analisaram as respostas cardiorrespiratórias do exercício deslize frontal entre as situações de utilização ou não do equipamento *Aquafins*, porém comparando o uso do equipamento nos membros inferiores, nos membros superiores e em ambos os membros. Onze mulheres jovens realizaram o exercício nas quatro situações em imersão entre o processo xifóide e os ombros e temperatura entre 32 e 33°C. O comportamento da FC e do  $\dot{V}O_2$  foi significativamente mais elevado na situação de uso de equipamento em ambos os membros, seguido por membros inferiores, membros superiores e, por fim, os valores mais baixos para a situação sem uso de equipamento.

O estudo de Costa et al. (2008), por outro lado, comparou a execução de um exercício de hidroginástica, o cavalo-marinho, com e sem equipamento flutuante somente em membros superiores. As respostas de FC e  $\%FC_{\max}$  foram avaliadas em 16 mulheres jovens executando o exercício na cadência de 136 bpm no tempo de água. A profundidade de imersão adotada foi processo xifóide e a temperatura da água 29°C. Os resultados demonstraram que não houve diferença significativas na FC e no  $\%FC_{\max}$  entre as situações de uso ou não de equipamento flutuante.

Pinto et al. (2011) analisaram as respostas cardiorrespiratórias de 15 mulheres jovens durante a execução da corrida estacionária com flexão e extensão de cotovelos em três situações: sem equipamento, com equipamento resistivo e com equipamento

flutuante, ambos utilizados tanto em membros superiores como inferiores. O exercício foi executado nas cadências de 80 bpm e 100 bpm, em imersão na profundidade entre processo xifóide e ombros, e temperatura entre 30 e 31°C. O comportamento da FC e do  $\dot{V}O_2$  apresentou um aumento significativo com o incremento da cadência. Ao comparar as situações, respostas significativamente menores foram observadas para ambas as variáveis na situação sem equipamento comparada às demais, sem diferenças entre o uso de equipamentos resistivo e flutuante.

Logo, conclui-se que a prática de exercícios de hidroginástica com diferentes implementos resistivos ou flutuantes é eficaz no intuito de maximizar as respostas cardiorrespiratórias, caso os indivíduos consigam manter o ritmo de execução proposto para um determinado exercício associado ao uso de equipamentos. Entretanto, o incremento nessas respostas depende da escolha do exercício e do posicionamento do equipamento, membros superiores, inferiores ou ambos.

A partir dos resultados obtidos nos estudos anteriormente abordados, sugere-se que a prescrição da aula de hidroginástica não deve ser baseada no ritmo da música, uma vez que para ritmos fixos, diferentes exercícios, uso ou não de implementos e distintas faixas etárias, representam diferentes intensidades de esforço. Para uma adequada prescrição do treinamento, o ideal é a individualização da intensidade a partir do percentual dos valores fisiológicos máximos ou relacionados aos limiares ventilatórios.

No entanto, embora muitos estudos tenham sido desenvolvidos analisando as respostas cardiorrespiratórias máximas de exercícios aquáticos realizados em cicloergômetros submersos (Craig & Dvorak, 1969; McArdle et al., 1976; Sheldahl et al., 1984; Christie et al., 1990; Connelly et al., 1990; Pantoja et al., 2006), caminhada e corrida aquática (Town & Bradley, 1991; Dowzer et al., 1999; Silvers et al., 2007) e

corrida em piscina funda (Butts et al., 1991; Town & Bradley, 1991; Svedenhag & Seger, 1992; Frangolias & Rhodes, 1995; Michaud et al., 1995; Mercer & Jensen, 1998; Dowzer et al., 1999; Nakanishi et al., 1999a,b; Tiggemann et al., 2007), protocolos máximos com exercícios de hidroginástica tem sido raramente avaliados (Darby & Yaekle, 2002; Antunes et al., 2009; Kanitz et al., 2009).

Darby & Yaekle (2000) analisaram as respostas cardiorrespiratórias de dois exercícios de hidroginástica, chute frontal com as mãos na cintura e chute frontal com flexão e extensão horizontal dos ombros, executados nos meios aquático e terrestre em intensidades progressivas até a exaustão. Doze mulheres jovens realizaram os quatro protocolos, executados com um incremento de 4 bpm a cada 3 minutos. As cadências variaram para cada indivíduo e cada meio de forma que a FC fosse similar entre os testes. Para o protocolo aquático, a profundidade de imersão foi mantida no peito e a temperatura da água em 30°C. Como resultados, a diferença média das cadências entre os meios foi aproximadamente 18 bpm menor na água, independente do tipo de exercício. O exercício de membros superiores e inferiores combinados apresentou respostas de FC e  $\dot{V}O_2$  maiores que o exercício somente de membros inferiores. As respostas de FC foram similares entre os meios, uma vez que o incremento das cadências foi ajustado através dela. Já as respostas de  $\dot{V}O_2$  e GE por minuto foram aproximadamente 2-6 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> e 1-2 kcal.min<sup>-1</sup> maiores na água do que na terra, respectivamente.

Recentemente, em nosso grupo de pesquisa, alguns estudos foram desenvolvidos com o intuito de avaliar as respostas cardiorrespiratórias máximas em protocolos de exercícios de hidroginástica, assim como os seus respectivos limites ventilatórios. Kanitz et al. (2009) realizaram um estudo similar ao anterior, porém com uma abordagem metodológica mais completa. Nove mulheres jovens foram avaliadas em

testes progressivos máximos durante a execução da corrida estacionária nos meios terrestre e aquático, com a determinação da FC e  $\dot{V}O_2$  correspondentes ao máximo esforço e ao segundo limiar ventilatório. O protocolo terrestre teve início com a cadência de 55 bpm durante 3 minutos e posteriores incrementos de 15 bpm a cada 2 minutos. O protocolo aquático foi similar, no entanto, a cadência inicial foi de 85 bpm, de forma que os indivíduos partissem de um esforço semelhante em ambos os meios. No meio aquático, o protocolo foi executado com os indivíduos imersos na profundidade entre processo xifóide e ombros e a temperatura da água entre 30 e 32°C. Como resultados, o  $\dot{V}O_2$  apresentou respostas semelhantes entre os meios na intensidade máxima e no segundo limiar ventilatório, demonstrando que o exercício no meio aquático pode apresentar respostas máximas tão elevadas quanto no meio terrestre. Por outro lado, a FC apresentou respostas significativamente menores no meio aquático nas duas intensidades de esforço devido aos efeitos hidrostáticos da imersão.

Antunes et al. (2009) realizaram um estudo semelhante, no entanto três exercícios de hidroginástica foram avaliados, corrida estacionária, chute frontal até 45° e deslize lateral, e suas respostas foram comparadas às obtidas na esteira terrestre. Os protocolos de testes progressivos máximos foram semelhantes aos utilizados por Kanitz et al. (2009), com a determinação das respostas cardiorrespiratórias correspondentes ao primeiro e segundo limiares ventilatórios e máximo esforço. Como resultados, a FC e o  $\dot{V}O_2$  apresentaram respostas significativamente maiores na esteira terrestre comparada aos exercícios aquáticos tanto para o esforço máximo, como para os limiares ventilatórios. Além disso, entre os exercícios aquáticos, o deslize lateral apresentou respostas significativamente mais baixas. Logo, sugere-se que as respostas cardiorrespiratórias máximas e correspondentes aos limiares ventilatórios estão mais

relacionadas à massa muscular envolvida no exercício do que ao meio onde o mesmo é executado.

A partir desses resultados, é possível concluir que a prescrição da modalidade de hidroginástica não pode ser baseada em testes máximos realizados no meio terrestre, uma vez que esses superestimam os valores cardiorrespiratórios para o meio aquático, mas sim a partir de testes específicos realizados no meio aquático. Logo, mais estudos são necessários avaliando as respostas cardiorrespiratórias máximas e os limiares ventilatórios em diferentes exercícios de hidroginástica.

### **2.3 Respostas neuromusculares de exercícios aquáticos**

Os primeiros estudos realizados avaliando a atividade eletromiográfica (EMG) de exercícios aquáticos envolveram a modalidade de natação (Clarys et al., 1985; Pink et al., 1991; Perry et al., 1992; Pink et al., 1993a,b; Ruwe et al., 1994; Rouard & Clarys, 1995). A partir de então, entre as décadas de sessenta e oitenta, outros investigadores iniciaram a testar diferentes metodologias de EMG em imersão, tais como comparação da EMG convencional e por telemetria, e utilização de eletrodos de profundidade e de superfície, entre outros (Pöyhönen et al., 1999). Contudo, somente estudos mais recentes que se preocuparam em testar a reprodutibilidade do sinal EMG no meio líquido (Pöyhönen et al., 1999; Alberton et al., 2007a) e a eficácia do isolamento dos eletrodos de superfície, através da utilização de adesivos oclusivos (Rainoldi et al., 2004; Figueiredo et al., 2006; Benfield et al., 2007), descrevendo suas respectivas metodologias e sugerindo que essas análises podem ser realizadas com segurança no meio líquido.

O estudo de Pöyhönen et al. (1999) investigou a reprodutibilidade do sinal EMG em 20 sujeitos realizando contrações isométricas máximas e submáximas dos extensores do joelho dentro e fora da água. Para os testes aquáticos, os sujeitos foram mantidos na profundidade de imersão do esterno, com o joelho mantido na posição de 90°. Altos coeficientes de correlação intraclass (ICC) foram encontrados para a amplitude do sinal EMG dos músculos vasto lateral, vasto medial e bíceps femoral na avaliação entre testes (ICC = 0,95-0,99) e entre dias (ICC = 0,85-0,98), sugerindo a reprodutibilidade do sinal durante contrações isométricas em ambos os meios.

Alberton et al. (2007a) avaliaram a reprodutibilidade do sinal EMG em seis mulheres jovens realizando contrações dinâmicas no meio aquático. O protocolo foi composto pela execução do exercício corrida estacionária em três cadências submáximas, 60, 80 e 100 bpm, com os indivíduos imersos na profundidade entre processo xifóide e ombros. Ao contrário do estudo anterior, para contrações dinâmicas, a reprodutibilidade da EMG dos músculos vasto lateral e bíceps femoral foi encontrada somente para a cadência de 100 bpm no meio aquático (ICC = 0,84-0,98). Os autores justificam tal fato por essa cadência assemelhar-se àquela utilizada comumente na corrida estacionária em aulas de hidroginástica, uma vez que aspectos tais como o controle da amplitude de movimento, a técnica de execução, a velocidade angular e a manutenção da força muscular podem dificultar a reprodutibilidade em exercícios dinâmicos, como nas demais cadências.

Com relação à eficácia do isolamento dos eletrodos de superfície, Rainoldi et al. (2004) analisaram as respostas do sinal EMG do músculo bíceps braquial de dez homens no meio terrestre e aquático. Eles objetivaram comparar as respostas isométricas submáximas (50% da contração voluntária máxima - CVM) do músculo supracitado nas seguintes situações: meio terrestre; meio aquático sem isolamento sobre

os eletrodos; meio aquático sem isolamento sobre os eletrodos e com movimento da água; meio aquático com isolamento sobre os eletrodos e com movimento da água. Nos testes aquáticos, foi realizada somente a imersão do membro analisado. O sinal EMG obtido no meio aquático nas duas situações sem isolamento apresentou uma redução significativa, com valores de cerca de 6,7% dos valores obtidos no meio terrestre. Ao contrário das situações anteriores, o sinal obtido no meio aquático com isolamento foi semelhante ao obtido no meio terrestre. Os autores justificam que o movimento da água atuando diretamente sobre os eletrodos introduz componentes de baixa frequência significativos, alterando os dados de mediana da frequência e média da frequência, e conseqüentemente os dados de amplitude EMG. Já, o uso de adesivos isolantes, que impedem a entrada e contato direto de água nos eletrodos permite que o sinal obtido no espectro de frequência seja semelhante ao obtido no meio terrestre, com dados originais de amplitude EMG.

Benfield et al. (2007) também analisaram o sinal EMG dos músculos abdominais de 11 mulheres saudáveis no meio terrestre e em imersão na profundidade do peito, testando a eficácia da utilização de isolamento sobre os eletrodos. Os indivíduos permaneceram sentados em uma cadeira e realizaram três repetições de flexão de quadris simultaneamente com manutenção na posição por 5 s, a cada 5 min, ao longo de 60 min. Para o meio aquático, o mesmo protocolo foi realizado, no entanto, foram acrescentados 9 kg de pesos nos tornozelos. Os resultados demonstraram que, quando o isolamento foi eficaz e impediu o contato da água com os eletrodos, o sinal EMG foi semelhante entre os meios, exibindo linhas de base estáveis, com a ausência de artefatos de baixa frequência, ao contrário das situações em que o isolamento não obteve sucesso.

O estudo de Figueiredo et al. (2006) analisou as respostas EMG dos músculos reto abdominal superior, reto abdominal inferior, oblíquo externo e reto femoral de 14 mulheres durante a execução do exercício abdominal fora da água nas situações pré e pós-imersão. Durante a imersão, exercícios abdominais foram realizados no meio aquático durante o período de 20 minutos com a utilização de isolamento sobre os eletrodos. Como resultados, não foram verificadas diferenças significativas na amplitude do sinal EMG para nenhum dos músculos analisados entre as situações pré e pós-imersão, demonstrando que a metodologia de isolamento empregada foi eficaz, não provocando alterações no sinal EMG após imersão e exercícios.

Metodologia semelhante foi empregada por Silvers & Dolny (2011), todavia com a análise do sinal EMG fora e dentro da água pré e pós-exercício aquático. Os músculos vasto medial, reto femoral, bíceps femoral, tibial anterior e gastrocnêmio medial de 12 homens foram avaliados durante CVM realizadas de forma isométrica em três situações: fora da água, em imersão pré-protocolo de corrida aquática e em imersão pós-protocolo de corrida aquática. A profundidade de imersão durante os testes foi ajustada para que os sujeitos ficassem com os membros inferiores dentro da água e o tronco acima da linha da água. Como resultados, não foram observadas diferenças significativas entre as três situações e valores de ICC altos e significativos foram observados ( $ICC = 0,96 - 0,98$ ) para todos os grupos musculares.

Uma das vantagens da técnica de isolamento sobre os eletrodos de superfície é que somente a área de interesse muscular é protegida. No entanto, o uso de isolamento poderia introduzir diferenças na pressão do eletrodo contra a pele e no volume muscular sob os eletrodos, resultando em possíveis diferenças no sinal EMG devido a sua utilização (Veneziano et al., 2006). Estudos de Alberton et al. (2008a) e Carvalho et al.



(2010) foram realizados para verificar esse efeito, e seus resultados indicam que o uso de isolamento não altera o sinal EMG.

Com esse objetivo, Alberton et al. (2008a) analisaram as respostas do sinal EMG do músculo vasto lateral durante a contração isométrica dos extensores do joelho nos meios terrestre e aquático. Para tanto, oito mulheres realizaram a CVM isométrica de extensores do joelho na posição de 70° (extensão completa = 0°) no meio terrestre sem isolamento, no meio terrestre com isolamento e em imersão na profundidade de cicatriz umbilical com isolamento. Como resultados, não houve diferenças significativas nos valores de EMG entre as situações de CVM fora da água, realizadas com e sem isolamento, demonstrando que o uso de isolamento não interfere na integridade do sinal. Além disso, valores semelhantes na amplitude do sinal EMG foram observados entre os meios, sugerindo que o ambiente aquático pode produzir similares ativações musculares.

Carvalho et al. (2010) realizaram um estudo com uma abordagem similar, onde a força isométrica e a atividade EMG do músculo bíceps braquial foram avaliados em nove homens durante a contração isométrica de flexores de cotovelo. Contrações voluntárias máximas e a 50% da CVM foram realizadas com o ombro e cotovelos flexionados a 90° em quatro situações: fora da água sem isolamento, fora da água com isolamento, em imersão nos ombros sem isolamento e em imersão nos ombros com isolamento. Os resultados demonstraram que não houve diferença significativa na força muscular entre as quatro situações em cada intensidade avaliada. No entanto, a atividade EMG apresentou respostas significativamente mais baixas na situação de imersão sem isolamento comparada às demais situações, que não apresentaram diferenças entre si para as duas intensidades avaliadas, consolidando os resultados anteriormente apresentados.

Entretanto, com o uso dessa metodologia há uma chance de leve irritação ao remover os adesivos e o tempo gasto para a preparação da pele é longo. É importante também ser salientado que o monitoramento do sinal EMG é necessário para a garantia de sua qualidade (Masumoto & Mercer, 2008). Além das metodologias de isolamento realizadas com a utilização de adesivos oclusivos sobre os eletrodos de superfície, recentemente, Uehara et al. (2009) criaram um sistema de processamento do sinal para coletas sem o uso de isolamento. Outros estudos ainda utilizaram roupas de neoprene, a fim de impedir o contato da água com os eletrodos (Coulange et al., 2006) ou minimizar o movimento dos cabos e facilitar as coletas em campo (Finni et al., 2007). Porém a utilização dessas roupas pode limitar o movimento em exercícios dinâmicos, como os utilizados no presente estudo.

A atividade EMG de exercícios realizados em imersão tem sido comparada com a atividade dos mesmos exercícios realizados no meio terrestre tanto em situações de contrações isométricas (Fujisawa et al., 1998; Pöyhönen et al., 1999; Pöyhönen & Avela, 2002; Veneziano et al., 2006; Alberton et al., 2008a; Kalpakcioglu et al., 2009; Carvalho et al., 2010; Pinto et al., 2010; Silvers & Dolny, 2011) como de contrações dinâmicas (Kelly et al., 2000; Figueiredo, 2004; Masumoto et al., 2004, 2005, 2007a,b, 2008; Miyoshi et al., 2004, 2006; Müller et al., 2005; Black et al., 2006; Barela et al., 2006; Alberton et al., 2006, 2011a; Chevutski et al., 2007; Kaneda et al., 2007, 2008, 2009; Shono et al., 2007; Barela & Duarte, 2008, Pinto et al., 2011). Não há um comportamento padrão para essas respostas, visto que os estudos sobre a ativação EMG divergem quanto ao tipo de atividade, tipo de contração, musculatura analisada e indicadores de intensidade (velocidade, FC ou IEP).

Na literatura pesquisada, Fujisawa et al. (1998) foram os precursores a analisar contrações isométricas comparadas entre os meios aquático e terrestre. Oito homens

realizaram contrações isométricas de flexores (30, 60 e 90°), abdutores (30, 60 e 90°), rotadores externos e rotadores internos (rotação interna máxima, posição neutra e rotação externa máxima) de ombro em ambos os meios com a análise dos músculos supra-espinhoso, infra-espinhoso, peitoral maior (porções clavicular e esternal), deltóide (porções anterior, média e posterior) e grande dorsal. Como resultados, foram encontrados valores de amplitude do sinal EMG significativamente mais elevados para o meio terrestre que para o meio aquático em quase todos os músculos e ângulos analisados. Os autores sugerem que essa redução da atividade EMG dos músculos do ombro está relacionada à diminuição do peso hidrostático desse segmento, resultante da flutuação.

Pöyhönen et al. (1999), por sua vez, analisaram e compararam a atividade EMG durante a contração isométrica de extensores do joelho nos meios aquático e terrestre. A ativação muscular dos músculos vasto medial, vasto lateral e bíceps femoral foi analisada em um grupo de 20 sujeitos durante a CVM dos extensores do joelho. No meio aquático, os testes foram realizados em imersão no ponto médio do esterno, com os sujeitos sentados e os joelhos mantidos na posição de 90°. Como resultados, também foram encontrados valores de amplitude do sinal EMG mais elevados para o meio terrestre quando comparados ao meio aquático, para valores semelhantes de produção de força. Segundo os autores, essa diminuição da amplitude do sinal EMG em imersão pode ser explicada por fatores eletromecânicos, tal como o contato da água ou fixação dos cabos (não foi utilizada proteção sobre os eletrodos), ou fatores neurofisiológicos. Esses últimos são justificados pelos autores devido ao reduzido peso hidrostático na água, podendo afetar o sistema neuromuscular, especialmente os proprioceptores (tal como o fuso muscular) que influenciam nas respostas de contração máxima.

Estudo similar foi realizado por Pöyhönen & Avela (2002), que analisaram as respostas EMG dos músculos sóleo e gastrocnêmio medial de seis homens saudáveis durante a contração isométrica máxima e submáxima (50% da CVM) dos flexores plantares nos meios aquático e terrestre. No meio aquático, os sujeitos foram mantidos em imersão na profundidade do esterno. Como resultados, a força muscular durante a CVM diminuiu 13% no meio aquático e a amplitude do sinal EMG, 29 e 27,3% para o gastrocnêmio medial e 34,8 e 25,2% para sóleo, em contrações máximas e submáximas, respectivamente. Da mesma forma que no estudo anterior, os autores justificam que essas respostas se devem à função reduzida de alguns mecanismos reflexos devido à pressão hidrostática e o reduzido peso hidrostático.

Já a pesquisa de Kalpakcioglu et al. (2009) apresenta resultados divergentes aos dos estudos anteriores. Nesse estudo foram analisadas as respostas EMG do músculo braquiorradial de 11 sujeitos saudáveis nas situações relaxada, contração isométrica máxima e contração isométrica submáxima (70% da CVM). O protocolo aquático foi realizado com a imersão do antebraço e com o uso de isolamento sobre os eletrodos, sendo o cotovelo mantido flexionado a 90°. Como resultados, valores significativamente maiores do sinal EMG foram observados para o meio aquático na situação relaxada, enquanto valores significativamente menores foram observados nesse meio na situação de máximo esforço, corroborando com os resultados dos estudos anteriormente citados. No entanto, para o esforço submáximo não foram observadas diferenças significativas entre os meios.

Resultados similares a esses últimos foram encontrados no estudo de Veneziano et al. (2006). Esses autores analisaram as respostas EMG do músculo abductor curto do polegar em dez homens realizando contrações isométricas a 40% da CVM nos meios terrestre e aquático (imersão do antebraço). Nenhuma diferença significativa foi

observada na mediana da frequência e no valor *root mean square* do sinal EMG entre os meios. Os autores sugerem que com alguns fatores de confusão bem controlados, tais como tipo de protocolo (eliminando os efeitos da flutuação), temperatura da pele (refletindo a temperatura muscular) e utilização de isolamento adequado sobre os eletrodos, semelhantes respostas do sinal EMG podem ser obtidas entre os meios com a imersão parcial do membro analisado.

Pinto et al. (2010), por sua vez, analisaram as variáveis força muscular e atividade EMG tanto para os músculos dos membros superiores como dos membros inferiores. As respostas EMG do bíceps braquial, tríceps braquial, reto femoral e bíceps femoral foram comparadas entre os meios terrestre e aquático em contrações máximas. Nove mulheres realizaram a CVM isométrica de flexores e extensores do cotovelo e flexores e extensores do quadril contra resistência fixa em ambos os meios. No ambiente aquático, a profundidade de imersão foi mantida entre processo xifóide e ombros. Os autores não encontraram diferenças significativas nos valores de amplitude do sinal EMG entre os meios para nenhum dos músculos avaliados, assim como para os valores de produção de força, com exceção do grupo de extensores do quadril, que apresentaram tais respostas reduzidas no meio aquático. Esses resultados sugerem que o ambiente aquático pode produzir similares ativações musculares também em contrações máximas quando os fatores de confusão sugeridos por Veneziano et al. (2006) são bem controlados.

No que se refere à análise de contrações dinâmicas no meio aquático, a caminhada aquática tem recebido atenção especial, e os estudos tem analisado a amplitude do sinal EMG de membros inferiores e tronco nessa modalidade realizada em piscina rasa (Miyoshi et al., 2004, 2006; Barela et al., 2006; Chevutski et al., 2007; Barela & Duarte, 2008), em piscina funda (Kaneda et al., 2007, 2008, 2009; Silva,

2009) e em *flowmill* (Masumoto et al., 2004, 2005, 2007a,b, 2008). Diferentes respostas de atividade muscular tem sido observadas e estão relacionadas aos diferentes tipos de caminhada realizados. Durante a caminhada em piscina rasa, os autores têm manipulado a velocidade e o tipo de deslocamento frontal como os principais influenciadores da resistência imposta ao movimento dos indivíduos (Silva & Kruel, 2008). Segundo Shono et al. (2001), na caminhada ao longo da piscina, o corpo deve deslocar-se horizontalmente através da água, vencendo a sua resistência, que é aumentada quando comparada com a resistência do ar (McGinnis, 2005), enquanto na caminhada em esteira submersa o corpo mantém-se no lugar, sofrendo mais a influência do empuxo e reduzido peso hidrostático que atuam no sentido vertical (Harrison et al., 1992; Kruel, 1994; Finkelstein et al., 2004; Triplett et al., 2009). Por outro lado, durante a caminhada e corrida em piscina funda, a ausência do apoio dos pés durante a propulsão altera o padrão cinemático e conseqüentemente a atividade EMG (Silva, 2009).

Exercícios localizados e estacionários também tem sido o enfoque de algumas pesquisas, onde a comparação entre meios, velocidades e uso ou não de equipamentos tem sido realizada. Kelly et al. (2000) analisaram a atividade EMG dos músculos do ombro durante exercícios executados nos ambientes aquático e terrestre. Seis homens realizaram a flexão dos ombros no plano escapular, de 0 a 90°, em três diferentes velocidades (30, 45 e 90°.s<sup>-1</sup>) em cada um dos meios. Foram analisados os músculos supra-espinhoso, infra-espinhoso, subescapular e deltóide. Como resultados, houve um aumento significativo na amplitude do sinal EMG com o aumento da velocidade de execução para todos os músculos testados. Ao compararem os meios terrestre e aquático, o comportamento EMG foi dependente da velocidade de execução. As respostas EMG foram significativamente mais elevadas para o meio terrestre nas velocidades mais baixas (30 e 45°.s<sup>-1</sup>) em todos os músculos testados (exceto no

deltóide médio que não apresentou diferenças significativas entre os meios na velocidade de  $45^{\circ} \cdot s^{-1}$ ). Em contrapartida, não houve diferenças significativas na atividade EMG entre os meios na velocidade de  $90^{\circ} \cdot s^{-1}$ , com uma tendência de os valores serem maiores no meio aquático. Os autores sugerem que a velocidade rápida de  $90^{\circ} \cdot s^{-1}$  parece ser, no meio aquático, o ponto onde os efeitos de flutuação são suprimidos pelos efeitos resistivos da água.

No estudo de Figueiredo (2004), a atividade EMG dos músculos reto abdominal superior, reto abdominal inferior, oblíquo externo e reto femoral de 20 mulheres foi comparada entre exercícios abdominais realizados nos meios aquático e terrestre. Como resultados, todos os exercícios (fase ascendente e descendente do movimento) realizados no meio líquido em ritmo padrão apresentaram um menor sinal EMG comparado ao exercício referência realizado no meio terrestre. Segundo o autor, o efeito da diminuição do peso hidrostático pode ter sido o responsável por essa menor ativação. Entretanto, ao analisar somente a fase ascendente, verificou-se que em todos os exercícios realizados na água em ritmo padrão, a atividade dos músculos reto abdominal superior e inferior não apresentou diferença significativa quando comparada à mesma fase do exercício referência em terra. Dessa forma, a diminuição do peso hidrostático deve ter sido compensada pela maior resistência da água, para exigir a mesma atividade muscular. Já na fase descendente, além de menor intensidade, o padrão de atividade muscular se modifica nos exercícios aquáticos, em função de que a musculatura antagonista provavelmente deve estar ativa para a realização do movimento.

Müller et al. (2005) analisaram a amplitude do sinal EMG dos mesmos músculos supracitados de 20 mulheres no exercício abdominal *sit-up* executado em ritmo padrão e na velocidade máxima nos meios aquático e terrestre. Como resultados, verificou-se uma maior atividade EMG na velocidade máxima comparada ao ritmo padrão, tanto no

ambiente terrestre como aquático, para todos os músculos, exceto para o reto femoral. Ao analisar a fase ascendente do exercício aquático na velocidade máxima, observou-se que esses músculos apresentaram uma atividade EMG tão eficiente quanto o mesmo exercício em terra. Isso demonstra que a resistência ao movimento proporcionada pela velocidade é uma excelente estratégia para aumentar a ativação muscular nos exercícios em meio líquido.

Alberton et al. (2011a) também verificaram a influência do meio, terrestre e aquático, e da velocidade de execução no sinal EMG em exercícios de hidroginástica. Os músculos reto femoral, vasto lateral, semitendinoso e porção curta do bíceps femoral foram avaliados em 12 mulheres jovens durante a execução do exercício corrida estacionária. O mesmo foi realizado em três cadências submáximas, 60, 80 e 100 bpm, e na velocidade máxima nos meios terrestre e aquático na profundidade entre processo xifóide e ombros. As respostas neuromusculares demonstraram não haver um aumento significativo no sinal EMG para todos os músculos com o incremento da cadência de execução, exceto das cadências submáximas para o esforço máximo. Ao comparar os meios, o exercício aquático apresentou um sinal EMG significativamente menor para todos os músculos analisados nas cadências submáximas, com exceção do semitendinoso, que apresentou respostas similares. Entretanto, na velocidade máxima, todos os grupos musculares analisados apresentaram respostas semelhantes entre ambos os meios.

O aumento da atividade muscular em exercícios aquáticos proporcionado pelo aumento da velocidade de execução também foi observado na pesquisa de Black et al. (2006). Em seu estudo, a atividade EMG foi analisada nos músculos reto femoral e bíceps femoral de 12 mulheres jovens durante a execução do movimento de flexão até 45° e extensão de quadril no meio líquido. Esse exercício foi realizado com e sem a



utilização de equipamento resistivo, nas cadências de 40, 60 e 80 bpm e em velocidade máxima. Não foram observadas diferenças significativas no sinal EMG entre as cadências submáximas; somente entre cada uma delas e a velocidade máxima. Para as cadências de 40 e 80 bpm, foram observadas diferenças significativas entre o exercício realizado com e sem equipamento para o músculo reto femoral e não foram encontradas diferenças significativas para o bíceps femoral. Na velocidade máxima, não foram encontradas diferenças significativas entre o uso ou não de equipamento resistivo para nenhum dos músculos analisados, visto que a não utilização de equipamento resistivo pode ter sido compensada pela maior velocidade angular empregada no movimento. Assim, ambas as estratégias, aumento de velocidade e/ou aumento de área projetada, podem ser válidas para o aumento da ativação EMG no meio líquido.

Resultados semelhantes foram observados no estudo de Pöyhönen et al. (2001a), que também analisaram a influência da utilização de equipamento resistivo no meio líquido na atividade elétrica muscular em máxima velocidade. Nesse estudo, 18 sujeitos realizaram o movimento de flexão e extensão do joelho em velocidade máxima com análise dos músculos vasto lateral, vasto medial, bíceps femoral e semitendinoso. Os resultados demonstraram que a utilização de equipamento resistivo incrementa significativamente o nível de resistência na água, pelo aumento da área projetada; entretanto, a amplitude do sinal EMG revelou respostas semelhantes nas duas condições, visto que a velocidade angular do exercício sem equipamento foi maior do que aquele com a utilização do equipamento resistivo.

Pinto et al. (2011) também analisaram o efeito da velocidade e do uso ou não de equipamentos na atividade neuromuscular, no entanto, equipamentos resistivos e flutuantes foram comparados e músculos dos membros superiores e inferiores foram analisados. Nesse estudo, a atividade EMG dos músculos reto femoral, bíceps femoral,

bíceps braquial e tríceps braquial foi avaliada em 15 mulheres jovens durante a execução da corrida estacionária com flexão e extensão de cotovelos. O exercício foi executado nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máxima velocidade, em imersão na profundidade entre processo xifóide e ombros em três situações: sem equipamento, com equipamento resistivo e com equipamento flutuante, ambos utilizados tanto em membros superiores como inferiores. Ao comparar as cadências, o sinal EMG não apresentou diferenças entre as duas cadências submáximas para os grupos musculares analisados, com exceção do bíceps femoral que apresentou respostas maiores para a cadência de 100 bpm. No entanto, a velocidade máxima apresentou respostas significativamente maiores de atividade EMG comparada às cadências submáximas para todos os grupos musculares. Ao comparar as situações, não foram observadas diferenças entre o uso ou não de equipamentos para o sinal EMG de todos os músculos analisados em todas as cadências, exceto o músculo tríceps braquial que apresentou respostas de sinal EMG significativamente maiores na situação de uso de equipamento flutuante comparada às situações de uso de equipamento resistivo ou sem uso de equipamentos.

Embora o uso ou não de equipamentos produza ativação similar em velocidades máximas, como pode ser visto nos trabalhos de Black et al. (2006), Pöyhönen et al. (2001a) e Pinto et al. (2011), o padrão da atividade agonista e antagonista parece ser influenciado pela utilização de equipamento. Alberton et al. (2006) analisaram o sinal EMG durante a atividade agonista e antagonista dos músculos reto e bíceps femoral na flexão até 45° e extensão de quadril de 11 mulheres no meio líquido, com e sem a utilização de equipamento resistivo, na cadência submáxima de 40 bpm e na velocidade máxima. Os resultados demonstraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre a situação de uso ou não de equipamento resistivo para todas as

situações, exceto para o bíceps femoral na máxima velocidade. Entretanto, o uso de equipamento resistivo produziu semelhantes percentuais da CVM durante a ativação antagonista comparada à ativação agonista no máximo esforço para ambos os músculos. Assim, a utilização de equipamento pode aumentar a ativação antagonista para níveis semelhantes aos dos agonistas, ao passo que sem o equipamento existe um predomínio da ativação agonista.

Essa ativação EMG precoce da musculatura antagonista, com redução na musculatura agonista, também foi observada no estudo de Pöyhönen et al. (2001b). Nesse estudo foi analisada a influência do tipo de fluxo, turbulento ou laminar, para os exercícios no meio líquido realizados na máxima velocidade. Os músculos vasto lateral, vasto medial, bíceps femoral e semitendinoso foram analisados em 18 indivíduos durante a realização da flexão e extensão do joelho no meio líquido em imersão na profundidade do esterno. Foram realizados dois tipos de testes: no primeiro, foi realizada uma simples repetição no máximo esforço para o movimento de flexão e, após, para o movimento de extensão, contra água parada gerando um fluxo laminar; já no segundo, foram realizadas oito repetições de flexão e extensão contínuas no máximo esforço, gerando um fluxo turbulento. Durante a simples repetição, os resultados demonstraram que a resposta muscular na execução dos movimentos de flexão e extensão do joelho foram puramente concêntricas, com reduzida co-ativação da musculatura antagonista. Entretanto, nas repetições máximas contra fluxo turbulento, ocorreu uma redução no sinal EMG da musculatura agonista a partir da metade da fase de movimento, com precoce ativação da musculatura antagonista a fim de frear e mudar o sentido do movimento. Mecanismos inibitórios que previnem aumentos na velocidade angular durante movimentos aquáticos podem ser os responsáveis por esse comportamento.

Essas características neuromusculares de exercícios aquáticos são extremamente importantes para a prescrição dessa modalidade, no entanto, existe ainda uma lacuna nessa área relacionada à comparação da atividade EMG de grupos musculares de membros superiores, inferiores e tronco entre diferentes exercícios aeróbicos de hidroginástica. Logo, mais estudos devem ser desenvolvidos abordando esse tipo de análise.

#### **2.4 Respostas cinéticas de exercícios aquáticos**

As respostas cinéticas são alteradas com a imersão no meio aquático em função das propriedades físicas da água, uma vez que o corpo imerso sofre os efeitos das forças de flutuação. Nos exercícios aquáticos, a flutuação pode ser utilizada para auxiliar um movimento quando o membro é movido no sentido da superfície da água, e para resistir ao movimento quando o membro é movido contra o empuxo (Skinner & Thompson, 1985). Conseqüentemente, seus efeitos influenciam significativamente a ação das forças que atuam sobre o corpo imerso, tais como o peso hidrostático (PH) e as forças de reação do solo (FRS).

Estudos indicam que quanto maior a profundidade de imersão, menor é o PH dos indivíduos (Harrison et al., 1992; Krueel, 1994; Finkelstein et al., 2004), uma vez que ele pode ser definido como a força resultante da diferença entre o peso corporal e o empuxo (Krueel, 1994). Essa diminuição do PH traz como consequência uma diminuição nas forças compressivas que atuam nas articulações, principalmente dos membros inferiores, reduzindo assim o estresse e, provavelmente, as lesões articulares (Krueel, 1994). Isso ocorre pela redução da carga mecânica imposta às articulações de membros inferiores, uma vez que a carga mecânica depende da força vertical resultante, o PH, e

da aceleração com que o corpo toca o solo (Finkelstein et al., 2004). Logo, a magnitude e o formato das curvas força-tempo, para os três componentes da FRS, vertical ( $F_z$ ), ântero-posterior ( $F_y$ ) e médio-lateral ( $F_x$ ), são alterados quando comparados ao mesmo exercício realizado no meio terrestre (Miyoshi et al., 2004; Barela et al., 2006; Roesler et al., 2006). Dessas, a  $F_z$  é o componente que apresenta a maior magnitude na FRS resultante, e conseqüentemente, é aquela que tem recebido maior atenção na literatura, em especial o seu valor de pico ( $F_{z_{pico}}$ ), e também o impulso (IMP).

Na hidroginástica, o único estudo encontrado na literatura que analisou as forças de impacto em diferentes exercícios aquáticos foi o de Kruehl (2000). Em sua pesquisa, 23 mulheres realizaram cinco exercícios de hidroginástica (pêndulo lateral, corrida estacionária, corrida posterior associada à flexão até 90° e extensão alternada dos ombros, corrida posterior associada à flexão e extensão alternada dos cotovelos e corrida posterior associada à adução e abdução alternada dos ombros e mãos tocando o calcanhar oposto), executados fora da água e em imersão nas profundidades de cicatriz umbilical e ombros. A intensidade de cada um dos exercícios foi correspondente ao IEP 13 (um pouco intenso) da Escala de Borg (6-20). Nenhuma diferença significativa foi observada na  $F_{z_{pico}}$  e no IMP entre os cinco exercícios de hidroginástica. Entretanto, foram observadas diferenças significativas entre os meios para essas variáveis, com valores de  $F_{z_{pico}}$  de 4,1 e 3,4 vezes menores em imersão para as profundidades de ombro e cicatriz umbilical, respectivamente, sem diferenças entre as profundidades. Esse comportamento pode ser visualizado na Figura 1.

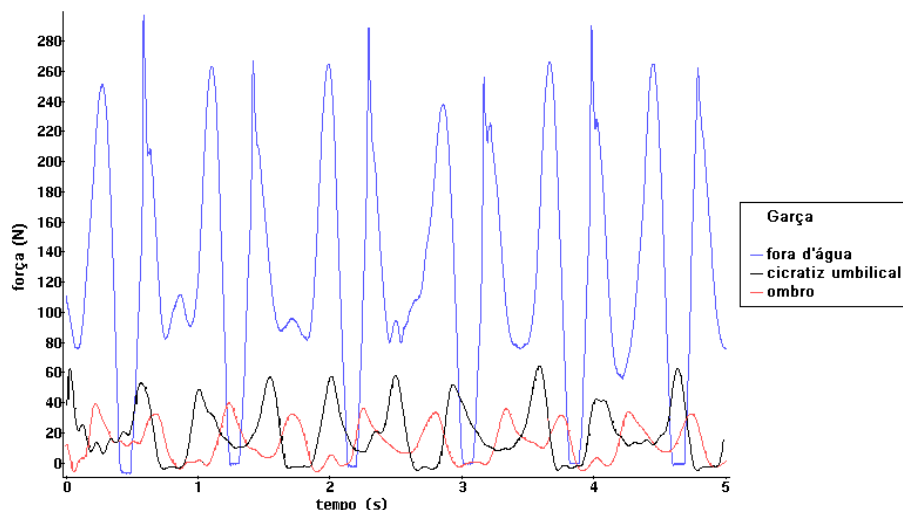


Figura 1 – Curva força-tempo para a força de reação do solo vertical no exercício Garça realizado fora da água e em imersão na cicatriz umbilical e no ombro. Fonte: Kruel (2000).

Triplett et al. (2009), por sua vez, analisaram e compararam as respostas cinéticas de 12 jogadoras de handebol realizando o salto em uma só perna realizado no máximo esforço nos meios aquático e terrestre. No meio aquático, os saltos foram realizados de duas formas: sem equipamento, com as mãos apoiadas na cintura; e com equipamento resistivo nos membros superiores posicionados ao lado do corpo. Ambas as situações foram executadas com profundidade de imersão mantida no processo xifóide (antes dos sujeitos flexionarem os joelhos em  $90^\circ$  para preparem-se para o início do salto). Como resultado, a  $Fz_{\text{pico}}$  foi significativamente mais baixa para os saltos realizados no meio aquático com e sem equipamento, correspondendo a 37 e 55% dos valores obtidos para o meio terrestre. Além disso, a situação com equipamento apresentou respostas significativamente mais baixas que sem equipamento, com valores de  $Fz_{\text{pico}}$  correspondentes a 0,88 e 1,33 vezes o peso corporal, respectivamente.

Os demais estudos da literatura que analisaram a FRS no meio aquático foram desenvolvidos com a caminhada, que apresenta características cinéticas distintas às de exercícios aeróbicos estacionários de hidroginástica, uma vez que são realizadas com propulsão e deslocamento horizontais. Diferentes abordagens nessa modalidade foram

desenvolvidas, como a análise comparativa da FRS entre os meios terrestre e aquático, entre diferentes profundidades de imersão, entre diferentes velocidades de execução e com ou sem uso de cargas adicionais (Harrisson et al., 1992; Nakazawa et al., 1994; Miyoshi et al., 2004; Barela et al., 2006; Miyoshi et al., 2006; Roesler et al., 2006; Barela & Duarte, 2008; Haupenthal et al., 2010).

Nakasawa et al. (1994) analisaram a Fz de seis sujeitos de ambos os sexos durante a caminhada terrestre e aquática em imersão em diferentes profundidades (0,4; 0,7; 1,0 e 1,2 m). Os resultados observados demonstraram que a Fz média foi significativamente menor na caminhada aquática comparada à terrestre a partir da profundidade de 0,7 m. Além disso, à medida que aumentou a profundidade de imersão, a magnitude dos picos máximos da Fz apresentou uma redução e consequente aproximação do pico mínimo, de forma que a curva na profundidade de 1,2 m demonstrou um formato achatado. Por outro lado, esses autores observaram que o tempo de apoio foi gradualmente e significativamente maior com o aumento da profundidade de imersão. Logo, durante a caminhada em imersão nas profundidades de 0,4 e 0,7 m, o IMP foi significativamente maior que na caminhada terrestre.

Haupenthal et al. (2010) analisaram a Fz de 22 sujeitos durante a caminhada aquática em duas profundidades de imersão, quadril e peito, realizadas em intensidades auto-selecionadas. Os valores médios de  $Fz_{\text{pico}}$  foram iguais a  $0,98 \pm 0,18$  e  $0,80 \pm 0,24$  vezes o peso corporal nas profundidades de quadril e peito, respectivamente. Não houve diferença significativa nessa variável entre as duas profundidades, e os autores justificam esse resultado pelo fato de que na menor profundidade de imersão, a velocidade auto-selecionada foi significativamente mais rápida.

Roesler et al. (2006), além de verificarem a influência da profundidade de imersão nas forças de reação do solo durante a caminhada aquática em piscina rasa,

analisaram também suas respostas em diferentes velocidades e posições dos membros superiores. Para tanto, 60 indivíduos de ambos os sexos foram divididos, de acordo com a estatura, em três profundidades de imersão, manúbrio, ponto médio entre o manúbrio e o processo xifóide e processo xifóide. A caminhada foi realizada em duas velocidades, lenta (40 bpm controlada por metrônomo) e rápida (mais rápido possível), com os braços dentro e fora da água. Ao analisarem a  $Fz_{\text{pico}}$ , não foram observadas diferenças entre as velocidades, mas valores significativamente maiores foram observados para a posição dos braços fora da água comparado à posição dos mesmos dentro da água. Ainda, os autores demonstraram que à medida que a profundidade de imersão diminuiu maiores valores de  $Fz_{\text{pico}}$  foram observados, com aumentos de 6% e 10% da profundidade do manúbrio para as profundidades de ponto médio entre o manúbrio e o processo xifóide e processo xifóide, respectivamente.

Miyoshi et al. (2004) também analisaram a Fz de 15 homens jovens na caminhada aquática na profundidade da axila comparada à caminhada terrestre em diferentes velocidades de execução auto-selecionadas (lenta, confortável e rápida). Diferenças significativas na Fz foram observadas entre os meios de execução para todas as intensidades. No entanto, o comportamento da Fz na caminhada aquática foi semelhante entre as três velocidades. Miyoshi et al. (2006) avaliaram a Fz de dez sujeitos jovens de ambos os sexos durante a caminhada aquática, com metodologia similar a do estudo anterior. Nesse estudo, além de os autores compararem diferentes velocidades (lenta, confortável, rápida e a mais rápida possível), eles compararam o uso ou não de diferentes cargas fixadas nos membros inferiores (sem carga, 4kg e 8kg). Não foram observadas diferenças significativas na Fz média (calculada como o impulso dividido pelo tempo de apoio) entre as velocidades, todavia seus valores aumentaram com o incremento da carga.



Nakasawa et al. (1994), Miyoshi et al. (2004), Barela et al. (2006), Roesler et al. (2006) e Barela & Duarte (2008) salientam a característica diferente da curva de Fz no meio aquático. A mesma apresenta um formato similar à figura de um trapézio, diferente do formato da curva em “M”, comum para a Fz na caminhada fora da água. Esse formato ocorre em decorrência de uma retificação da curva, proporcionado pelos picos de força serem de magnitude similar à deflexão. Esse comportamento pode ser visualizado na Figura 2. De acordo com Brito et al. (2004), conforme aumenta a profundidade de imersão, perde-se a deflexão da curva de força, que pode ser decorrente da diminuição da velocidade de oscilação do membro inferior na fase de balanço ou da diminuição da flexão do joelho na fase de apoio. Todavia, cabe salientar que nesse estudo não foi realizada a análise cinemática para afirmar tais inferências.

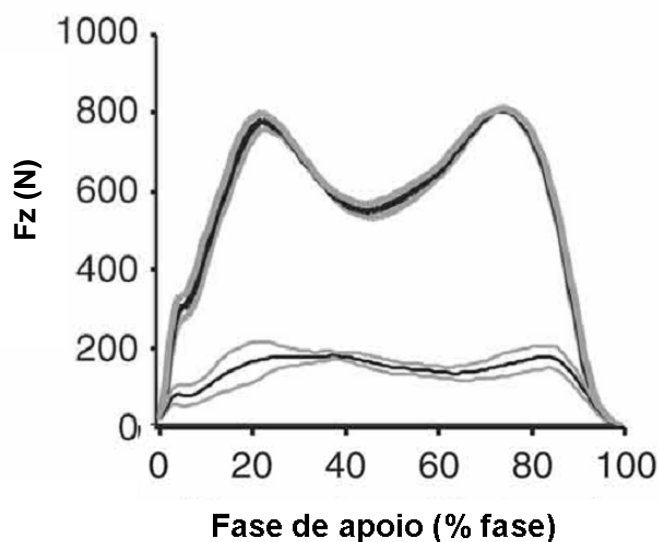


Figura 2 – Curva força-tempo para a força de reação do solo vertical (Fz) na caminhada fora da água (linha espessa) e em imersão na axila (linha fina). Fonte: Adaptado de Miyoshi et al. (2004).

Esse impacto reduzido no meio aquático torna-se importante para diversos tipos de populações, pois faz com que os indivíduos progridam mais rapidamente em termos

de intensidade, frequência e duração dos exercícios, com um menor risco de lesões comparado ao ambiente terrestre (Sheldahl, 1985). Assim, os exercícios prescritos com o objetivo de proteger e preservar as articulações podem e devem ser realizados dentro do meio líquido, uma vez que eles são considerados de baixo impacto quando comparados aos mesmos sendo executados em meio terrestre (Kruel, 2000). No entanto, mais estudos avaliando as forças de reação do solo na hidroginástica são necessários, uma vez que essa modalidade é composta por inúmeros exercícios que podem ser realizados em diferentes intensidades de esforço, e que apresentam características diferentes da caminhada, cujas respostas já estão bem consolidadas na literatura.

### 3 MÉTODOS

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

- Determinar e comparar as respostas cardiorrespiratórias no primeiro limiar ventilatório, no segundo limiar ventilatório e no máximo esforço de mulheres jovens entre testes progressivos máximos realizados em diferentes exercícios de hidroginástica e em esteira terrestre.
- Determinar e comparar as respostas de força de reação do solo vertical de mulheres jovens realizando diferentes exercícios de hidroginástica nas intensidades correspondentes ao primeiro limiar ventilatório, ao segundo limiar ventilatório e ao máximo esforço entre os meios aquático e terrestre.
- Determinar e comparar as respostas de consumo de oxigênio, amplitude do sinal eletromiográfico dos músculos reto femoral, semitendinoso, vasto lateral, porção curta do bíceps femoral, tibial anterior e gastrocnêmio lateral, e força de reação do solo vertical de mulheres jovens realizando diferentes exercícios de hidroginástica nas intensidades correspondentes ao primeiro limiar ventilatório, ao segundo limiar ventilatório e ao máximo esforço.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 ESTUDO I: Respostas cardiorrespiratórias máximas e limiares ventilatórios de diferentes exercícios de hidroginástica comparados à esteira terrestre

#### RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar as respostas cardiorrespiratórias no primeiro limiar ventilatório (LV1), no segundo limiar ventilatório (LV2) e no máximo esforço (MAX) em mulheres jovens entre testes progressivos máximos realizados em diferentes exercícios de hidroginástica e em esteira terrestre (EST). Vinte mulheres jovens ( $24,0 \pm 2,5$  anos;  $163,3 \pm 6,7$  cm;  $60,0 \pm 6,7$  kg) realizaram quatro sessões de testes progressivos, três correspondentes aos testes aquáticos (corrida estacionária (CE), chute frontal (CF), deslize frontal (DF)) e uma para o teste EST, com intervalo mínimo de 48 h e ordem randomizada. O consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e a ventilação ( $\dot{V}_e$ ) foram coletados com um analisador de gases (VO2000) e a frequência cardíaca (FC), através de um frequencímetro (POLAR) ao longo de todos os testes, e seus valores correspondentes a LV1, LV2 e MAX foram determinados. ANOVA para medidas repetidas foi utilizada ( $\alpha = 0,05$ ). A FC apresentou valores significativamente maiores para EST nas intensidades de LV1 ( $p=0,001$ ), LV2 ( $p<0,001$ ) e MAX ( $p<0,001$ ), sem diferenças significativas entre os exercícios aquáticos CE, CF e DF.  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}_e$  não apresentaram diferenças significativas entre os quatro protocolos na intensidade de LV1, todavia na intensidade de LV2, respostas significativamente maiores foram

observadas para EST ( $\dot{V}O_2$ :  $p < 0,001$ ;  $\dot{V}e$ :  $p < 0,001$ ). Na intensidade MAX, o  $\dot{V}O_2$  apresentou respostas significativamente maiores para EST ( $p < 0,001$ ), sem diferenças significativas na  $\dot{V}e$  entre os quatro protocolos. Logo, os resultados apresentados sugerem que a prescrição dessa modalidade não pode ser baseada em testes máximos realizados no meio terrestre, uma vez que esses superestimam os valores cardiorrespiratórios para o meio aquático, mas sim a partir de testes específicos realizados com exercícios de hidrogenástica.

**Palavras-chave:** consumo de oxigênio; frequência cardíaca; ventilação; imersão.

#### 4.1.1 INTRODUÇÃO

Diversos estudos tem sido realizados ao longo dos últimos anos com o intuito de investigar as respostas cardiorrespiratórias no esforço máximo em protocolos de testes aquáticos e terrestres. Entre tais protocolos de testes, os exercícios realizados em cicloergômetros submersos (Craig & Dvorak, 1969; McArdle et al., 1976; Sheldahl et al., 1984; Christie et al., 1990; Connelly et al., 1990; Pantoja et al., 2006), caminhada e corrida aquática (Town & Bradley, 1991; Dowzer et al., 1999; Silvers et al., 2007) e corrida em piscina funda (Butts et al., 1991; Town & Bradley, 1991; Svedenhag & Seger, 1992; Frangolias & Rhodes, 1995; Michaud et al., 1995; Mercer & Jensen, 1998; Dowzer et al., 1999; Nakanishi et al., 1999a,b; Tiggemann et al., 2007) são amplamente descritos. Mais recentemente, alguns exercícios de hidrogenástica também tem sido investigados (Darby & Yaekle, 2000; Antunes et al., 2009; Kanitz et al., 2009).

Como resultados dessas pesquisas, as respostas de frequência cardíaca (FC) em imersão estão bem consolidadas na literatura, com valores significativamente mais baixos observados para o meio aquático. Todavia, diferentes respostas de consumo de

oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e ventilação ( $\dot{V}e$ ) foram observadas, tais como similares ou menores valores no meio aquático comparado ao meio terrestre. Essas divergências são atribuídas aos efeitos hidrostáticos do ambiente aquático, diferentes tipos de protocolos incrementais utilizados, recrutamento de diferentes massas musculares e modalidades de exercícios realizadas no meio aquático.

Os valores de FC mais baixos no meio aquático comparado ao meio terrestre em intensidades máximas e/ou submáximas podem ser atribuídos a um desvio central no volume sanguíneo, devido à pressão hidrostática, assim como à temperatura da água (Watenpaugh et al., 2000). Por sua vez, o menor  $\dot{V}O_2$  observado no máximo esforço para a corrida em piscina funda comparada à corrida terrestre (Butts et al., 1991; Town & Bradley, 1991; Svedenhag & Seger, 1992; Frangolias & Rhodes, 1995; Michaud et al., 1995; Mercer & Jensen, 1998; Dowzer et al., 1999; Nakanishi et al., 1999a,b; Tiggemann et al., 2007) tem sido explicado pela combinação das respostas cardiovasculares com a pressão hidrostática e a força mecânica imposta sobre o corpo em exercício contra a resistência da água. Nakanishi et al. (1999a) sugerem que os músculos antigravitacionais não são necessários na água para suportar o peso corporal, ocorrendo, assim, uma diminuição no custo metabólico da corrida em piscina funda quando comparada à corrida em esteira terrestre. Entretanto, os estudos realizados em cicloergômetros demonstram um padrão semelhante de  $\dot{V}O_2$  tanto para taxas submáximas como máximas de esforço entre ambos os meios (Sheldahl et al., 1984; Christie et al., 1990; Connelly et al., 1990; Pantoja et al., 2006). Considera-se, por sua vez, que essa modalidade mantém o mesmo estímulo muscular nos meios aquático e terrestre (Craig & Dvorak, 1969).

Contudo, são escassos na literatura estudos que avaliem as respostas cardiorrespiratórias no esforço máximo e nos limiares ventilatórios em protocolos de testes em diferentes exercícios de hidroginástica (Antunes et al., 2009; Kanitz et al., 2009). Essa é uma modalidade amplamente utilizada, e tais respostas são fundamentais para a melhoria da sua prescrição. O objetivo do presente estudo foi comparar as respostas cardiorrespiratórias no primeiro limiar ventilatório (LV1), no segundo limiar ventilatório (LV2) e no máximo esforço (MAX) de mulheres jovens entre testes progressivos máximos realizados em diferentes exercícios de hidroginástica e em esteira terrestre. Tem-se como hipótese de pesquisa que as respostas de FC,  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}e$  seriam semelhantes entre os protocolos de testes aquáticos, que por sua vez seriam menores que o protocolo em esteira terrestre. No entanto, quando expressos como percentual do máximo, esperava-se que todos os protocolos apresentem respostas semelhantes para as variáveis analisadas.

#### **4.1.2 MATERIAIS E MÉTODOS**

*Amostra.* A amostra do presente estudo foi composta por 20 mulheres ativas voluntárias, com idade entre 19 e 29 anos, cuja caracterização está apresentada na Tabela 1. Os critérios de inclusão da amostra foram ser ambientada ao meio líquido e apresentar um ciclo menstrual regular; por outro lado, os critérios de exclusão foram ser atleta, fumante, ingerir alguma medicação (com exceção de contraceptivo) e apresentar doenças musculoesqueléticas, osteoarticulares, cardíacas ou pulmonares, diagnosticadas através de uma anamnese. Todas 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 2008097 (ANEXO B).

Tabela 1 – Caracterização da amostra.

	<b>Média ± DP</b>
<b>Idade (anos)</b>	24,0 ± 2,5
<b>Estatura (cm)</b>	163,3 ± 6,7
<b>Massa corporal (kg)</b>	60,0 ± 6,7
<b>%G (%)</b>	29,3 ± 5,0

Nota: %G – % gordura corporal.

*Caracterização da amostra.* Uma sessão inicial foi realizada no Laboratório de Pesquisa do Exercício da Instituição com o objetivo de preencher uma ficha de dados individuais e uma anamnese. Além disso, foram coletados os dados de massa corporal e estatura através de uma balança (FILIZOLA; São Paulo, Brasil), com resolução de 100 g, com um estadiômetro acoplado, com resolução de 1 mm, respectivamente. Após, foram medidas as dobras cutâneas tricipital, subescapular, peitoral, axilar-média, supra-íliaca, abdominal e coxa com um plicômetro (LANGE, Cambridge Scientific Instruments, Cambridge, Reino Unido), com resolução de 1 mm. A partir desses dados foi estimada a densidade corporal utilizando-se o protocolo de dobras cutâneas proposto por Jackson et al. (1980) e foi estimada a composição corporal por meio da fórmula de Siri *apud* Heyward & Stolarczyk (1996).

*Familiarização.* Em uma segunda sessão, os indivíduos compareceram ao Centro Natatório da Instituição para a familiarização. As componentes da amostra entraram na piscina e realizaram os três exercícios de hidroginástica selecionados em cadências progressivas com a máscara de análise de gases. Nesse momento, os exercícios foram demonstrados e todos os detalhes de execução e amplitude de movimento foram explicados.

*Procedimento experimental.* O procedimento experimental teve como objetivo coletar as variáveis dependentes do estudo, FC,  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}e$  nos diferentes protocolos de testes progressivos. As sessões de testes foram realizadas em quatro dias distintos, com intervalo mínimo de 48 h e ordem randomizada. Os testes foram realizados entre o



oitavo e o vigésimo dia após a data do início da última menstruação, a fim de controlar o período do ciclo menstrual (Bemben et al. 1995), e sempre no mesmo horário do dia, a fim de evitar variações relacionadas ao ritmo circadiano (Winget et al., 1985).

Cada sessão teve início com a medida das variáveis cardiorrespiratórias em repouso. Assim que o indivíduo chegava ao local da coleta, ele permanecia em repouso na posição supina por 30 min. Após esse período, o sujeito posicionava-se na posição ortostática, e os dados de FC,  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}e$  eram coletados por 3 min. Para os protocolos aquáticos, as variáveis cardiorrespiratórias eram também coletadas em repouso dentro da água. Portanto, o sujeito entrava imediatamente na piscina, mantendo-se na posição ortostática imerso na profundidade de processo xifóide e os valores de FC,  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}e$  eram coletados por mais 3 min. Após esse procedimento iniciava-se o protocolo de teste.

O teste progressivo máximo terrestre (EST) foi realizado em uma esteira rolante (10200 ATL, INBRAMED, Porto Alegre, Brasil), com resolução de velocidade e inclinação de 0,1 km.h<sup>-1</sup> e 1%, respectivamente. O protocolo consistiu na execução da caminhada/corrída em uma velocidade inicial de 5 km.h<sup>-1</sup> com 1% de inclinação durante 2 min e posteriores incrementos de 1 km.h<sup>-1</sup> a cada minuto, com a manutenção da inclinação, até que os indivíduos atingissem o máximo esforço. A temperatura ambiente variou entre 22 e 26°C.

Os testes progressivos máximos aquáticos foram realizados em uma piscina com dimensões de 16 m X 9 m, e variação de profundidade de 0,95 m a 1,3 m. A intensidade de cada protocolo foi determinada por um metrônomo digital (MA-30, KORG, Japão) com amplitude de 40 a 208 bpm, e resolução de 1 bpm. Cada protocolo consistiu na execução de um dos exercícios de hidroginástica em um ritmo de execução inicial de 85 bpm durante 2 min e posteriores incrementos de 15 bpm a cada minuto. A temperatura

da água foi mantida entre 30 e 31°C e a profundidade de imersão foi fixada no processo xifóide.

Os três exercícios aquáticos selecionados, apresentados na Figura 1, são amplamente utilizados nas aulas de hidroginástica e apresentam em comum o deslocamento dos membros inferiores no sentido ântero-posterior e a ativação dos grupos musculares de flexores e extensores do quadril, flexores e extensores do joelho e flexores plantares e dorsais do tornozelo.

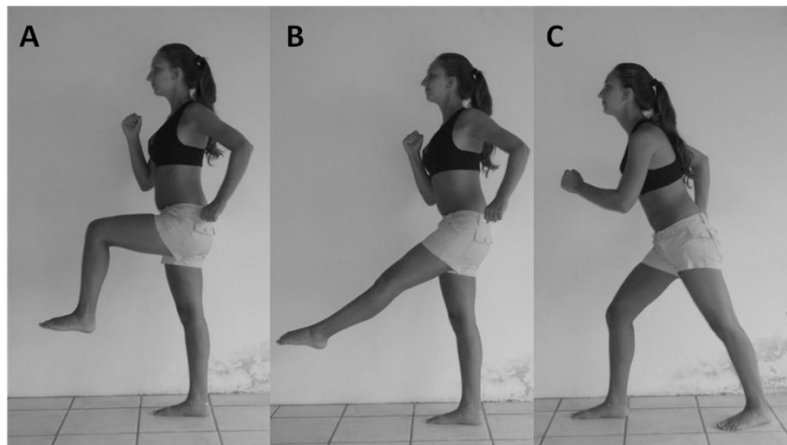


Figura 1 – Exercícios aquáticos: Corrida estacionária (A), Chute frontal (B) e Deslize frontal (C).

- Corrida estacionária (CE, Figura 1A): O exercício é dividido em 2 fases, cada uma realizada em 1 bpm. A posição inicial dos indivíduos é em pé. A primeira fase do exercício consiste na flexão do quadril e do joelho direitos até 90° com simultânea leve flexão do ombro esquerdo, mantendo o cotovelo flexionado a aproximadamente 90°. A segunda fase consiste na extensão do quadril e do joelho direitos, mantendo sempre o tornozelo na posição neutra, com simultânea leve hiperextensão do ombro esquerdo, mantendo o cotovelo flexionado a aproximadamente 90°. Os membros superiores e inferiores direito e esquerdo realizam o mesmo movimento alternadamente. Esse

exercício apresenta como característica o apoio unipodal e uma fase de voo, onde ocorre a troca de apoio entre os pés direito e esquerdo.

- Chute frontal (CF, Figura 1B): O exercício é dividido em 2 fases, cada uma realizada em 1 bpm. A posição inicial dos indivíduos é em pé. A primeira fase do exercício consiste na flexão do quadril até 45°, flexão (decorrente da resistência da água) seguida de extensão do joelho e flexão plantar do tornozelo direitos, com simultânea leve flexão do ombro esquerdo, mantendo o cotovelo flexionado a aproximadamente 90°. A segunda fase consiste na extensão do quadril, flexão inicial seguida de extensão do joelho e flexão dorsal do tornozelo até a posição inicial, com simultânea leve hiperextensão do ombro esquerdo, mantendo o cotovelo flexionado a aproximadamente 90°. Os membros superiores e inferiores direito e esquerdo realizam o mesmo movimento alternadamente. Esse exercício apresenta como característica o apoio unipodal e uma fase de voo, onde ocorre a troca de apoio entre os pés direito e esquerdo.

- Deslize frontal (DF, Figura 1C): O exercício é dividido em 2 fases, cada uma realizada em 1 bpm. A posição inicial é em pé, com o corpo inclinado para frente. A primeira fase do exercício consiste na flexão do quadril direito até 60° com uma semi-flexão do joelho a fim de manter o apoio total do pé no solo, com simultânea leve flexão do ombro esquerdo, mantendo o cotovelo flexionado a aproximadamente 90°. A segunda fase consiste na extensão do quadril e do joelho e flexão dorsal do tornozelo direitos, mantendo o apoio total do pé no solo, com simultânea leve hiperextensão do ombro esquerdo, mantendo o cotovelo flexionado a aproximadamente 90°. Os membros superiores e inferiores direito e esquerdo realizam o mesmo movimento alternadamente, mantendo um alinhamento corporal da coluna vertebral com membro inferior que está estendido. Esse exercício, por sua vez, apresenta como característica o apoio bipodal,

não existindo uma fase de voo já que a troca de apoio é realizada deslizando os pés no solo.

A fim de controlar a amplitude de movimento de cada exercício, fitas tape foram fixadas em barras laterais apoiadas no fundo da piscina. Essas fitas delimitavam os ângulos de flexão do quadril em 90° para a CE, flexão do quadril em 45° para o CF e flexão do quadril em 60° para o DF.

Para o início do teste, a taxa de troca respiratória (RER) deveria estar abaixo de 0,85. A interrupção do teste ocorreu quando as avaliadas indicaram a sua exaustão, por meio de um sinal manual ou quando elas eram incapazes de manter o ritmo de execução proposto para os exercícios. A avaliação foi considerada válida quando dois dos seguintes critérios foram alcançados ao final do teste (Howley et al., 1995): 1) platô no  $\dot{V}O_2$  com o aumento da intensidade do exercício; 2) obtenção de um RER maior/igual a 1,15; 3) índice de esforço percebido (IEP) de pelo menos 18 na Escala RPE 6-20 de Borg; 4) FC máxima maior/igual ao valor máximo predito para a idade (apenas para o protocolo terrestre). A duração dos protocolos de teste variou entre 8 e 12 min (Buchfuhrer et al., 1983).

Para a avaliação do  $\dot{V}O_2$  e da  $\dot{V}e$ , utilizou-se um analisador de gases portátil do tipo caixa de mistura (VO2000, MedGraphics, Ann Arbor, Estados Unidos). O mesmo foi acoplado a um pneumotacógrafo de fluxo baixo (2 a 30 l.min<sup>-1</sup>) para as coletas em repouso e de fluxo médio (10 a 120 l.min<sup>-1</sup>) para as coletas em exercício, que por sua vez foi acoplado a uma máscara de neoprene ajustada individualmente de forma a evitar qualquer escape de ar. O equipamento foi previamente calibrado de acordo com as especificações do fabricante. A taxa de amostragem adotada para os valores coletados foi de uma amostra a cada 10 s e os dados foram transmitidos para um *notebook* pessoal através do *software* Aerograph. Para a avaliação da FC utilizou-se um frequencímetro

(S610<sup>TM</sup>, POLAR, Kajaani, Finlândia). Da mesma forma, os valores de FC foram coletados a cada 10 s.

*Tratamento dos dados.* Para o repouso, foi realizada a média dos valores correspondentes aos 3 min de FC,  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}e$  coletados em cada situação.

Em exercício, o LV1 foi calculado através do método V-slope, que corresponde ao valor de  $\dot{V}O_2$  em que a produção de  $CO_2$  ( $\dot{V}CO_2$ ) inicia a aumentar não-linearmente no gráfico  $\dot{V}CO_2$  versus  $\dot{V}O_2$  (Wasserman et al., 1973). O LV2 foi determinado através da curva de ventilação, que corresponde ao segundo ponto de inflexão da ventilação em relação à carga (Hansen et al., 2007). Além disso, para confirmação dos dados, o LV1 e o LV2 foram determinados através dos equivalentes ventilatórios de  $O_2$  ( $\dot{V}e/\dot{V}O_2$ ) e de  $CO_2$  ( $\dot{V}e/\dot{V}CO_2$ ), respectivamente (Davis, 1985). Dois fisiologistas experientes e independentes detectaram por inspeção visual os limiares de acordo com os critérios previamente descritos. Se eles não concordassem, a opinião de um terceiro fisiologista era incluída (Hug et al., 2003). Os valores de FC,  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}e$  correspondentes aos limiares foram determinados e utilizados para a posterior análise. O  $\dot{V}O_2$  máximo ( $\dot{V}O_{2\max}$ ) foi definido como o valor de platô do  $\dot{V}O_2$  observado ao final do teste, isto é uma variação no  $\dot{V}O_2$  menor ou igual a  $50 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$  com o incremento da intensidade (Astorino et al., 2005). Quando esse platô no  $\dot{V}O_2$  não era observado ao final do teste, o pico de  $\dot{V}O_2$  era considerado como o  $\dot{V}O_{2\max}$  (Howley et al., 1995). Além disso, a FC máxima ( $FC_{\max}$ ) foi definida como o valor mais alto registrado durante o teste (Tanaka et al., 2001). Da mesma forma, o valor mais alto de  $\dot{V}e$  foi definido como  $\dot{V}e$  máxima ( $\dot{V}e_{\max}$ ). Ao final, os valores de FC e  $\dot{V}O_2$  correspondentes ao LV1 e LV2 foram

expressos como percentuais do máximo ( $\%FC_{\max}$  e  $\% \dot{V}O_{2\max}$ ) a partir dos valores máximos obtidos em cada protocolo de teste progressivo máximo individual.

*Análise estatística.* Para analisar os dados coletados, utilizou-se estatística descritiva, com os dados apresentados através de média  $\pm$  desvio-padrão (DP). O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para a análise da normalidade dos dados. A comparação das variáveis dependentes entre os protocolos de testes progressivos foi realizada através da ANOVA para medidas repetidas, com o teste complementar de Bonferroni para a localização das diferenças significativas. O índice de significância adotado foi de  $\alpha = 0,05$  e os dados foram processados no pacote estatístico SPSS versão 14.0.

#### **4.1.3 RESULTADOS**

As variáveis FC,  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}e$  de repouso, mensuradas fora (PRÉ) e dentro da água (PRÉ-IM) antes do início dos protocolos de testes progressivos, foram comparadas e seus resultados são apresentados na Tabela 2. De acordo com os resultados, não foram observadas diferenças significativas para nenhuma das variáveis na situação PRÉ entre os quatro dias de coleta. O mesmo comportamento foi observado para todas as variáveis na situação PRÉ-IM entre os três dias de coleta com protocolos aquáticos. Esses resultados indicam que os sujeitos iniciaram todas as sessões de testes com níveis similares de respostas cardiorrespiratórias de repouso, sugerindo que a magnitude das alterações encontradas nessas variáveis durante os protocolos de testes progressivos pode ser atribuída ao esforço realizado durante sua execução.

Tabela 2 – Média, desvio-padrão (DP) e valor de  $p$  das variáveis cardiorrespiratórias de repouso pré-protocolos fora (PRÉ) e dentro da água (PRÉ-IM).

Variável	Situação de repouso	Corrida estacionária	Chute frontal	Deslize frontal	Esteira terrestre	$p$
		Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP	
FC (bpm)	PRÉ	84,8 ± 14,0	87,9 ± 12,9	89,1 ± 12,1	86,1 ± 12,1	0,504
	PRÉ-IM	68,3 ± 10,4	70,9 ± 9,4	71,5 ± 8,9		0,085
$\dot{V}O_2$ (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	PRÉ	3,03 ± 0,45	3,14 ± 0,54	3,16 ± 0,45	2,82 ± 0,22	0,114
	PRÉ-IM	3,43 ± 0,38	3,42 ± 0,49	3,53 ± 0,45		0,577
$\dot{V}_e$ (l.min <sup>-1</sup> )	PRÉ	5,20 ± 0,84	5,34 ± 1,08	5,52 ± 1,12	5,31 ± 1,16	0,618
	PRÉ-IM	5,70 ± 1,19	5,58 ± 1,20	5,81 ± 1,04		0,591

Nota: FC – frequência cardíaca;  $\dot{V}O_2$  – consumo de oxigênio;  $\dot{V}_e$  – ventilação.

Além disso, o tempo médio para atingir a exaustão variou entre 8,5 e 10 min, dependendo do protocolo de teste progressivo realizado, conforme apresentado na Tabela 3, tempo esse considerado ideal para a validade dos testes máximos realizados (Buchfuhrer et al. 1983). Da mesma forma, os valores de RER e de IEP máximos também foram analisados e os resultados sugerem que os protocolos estão dentro de valores adequados necessários para o aceite do teste (Howley et al., 1995).

Tabela 3 – Média e desvio-padrão (DP) do tempo de exaustão, taxa de troca respiratória (RER) e índice de esforço percebido (IEP) máximos obtidos nos diferentes protocolos de testes progressivos.

Protocolos	Tempo de exaustão (min)	RER	IEP
	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP
Corrida estacionária	9,93 ± 1,59	1,38 ± 0,11	18,85 ± 0,49
Chute frontal	8,52 ± 1,23	1,32 ± 0,09	18,80 ± 0,52
Deslize frontal	8,58 ± 1,21	1,27 ± 0,12	18,75 ± 0,55
Esteira terrestre	8,72 ± 1,27	1,23 ± 0,11	18,90 ± 0,31

Os valores das cadências obtidas nos protocolos de testes progressivos aquáticos e da velocidade obtida no protocolo de teste progressivo em esteira correspondentes ao LV1 e LV2, assim como o máximo esforço são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Média e desvio-padrão (DP) das cadências e velocidade correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX) obtidos nos protocolos de testes progressivos.

Cadências e velocidade nos protocolos	LV1	LV2	MAX
	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP
Corrida estacionária (bpm)	102,00 ± 10,05	134,00 ± 12,31	163,00 ± 15,25
Chute frontal (bpm)	97,00 ± 6,57	123,50 ± 10,89	150,00 ± 12,14
Deslize frontal (bpm)	94,50 ± 5,10	123,00 ± 12,18	150,50 ± 12,34
Esteira terrestre (km.h <sup>-1</sup> )	6,40 ± 0,50	9,35 ± 0,99	12,20 ± 1,40

As variáveis FC e  $\dot{V}O_2$  apresentaram comportamentos semelhantes no máximo esforço ao comparar os protocolos de testes progressivos. Não foram observadas diferenças significativas na FC<sub>max</sub> e  $\dot{V}O_{2max}$  entre os exercícios aquáticos CE, CF e DF; contudo, essas respostas foram significativamente menores nos protocolos aquáticos comparados ao protocolo em EST. Por outro lado, a variável  $\dot{V}e_{max}$  não apresentou diferenças significativas entre os quatro protocolos. Esse comportamento pode ser visualizado na Figura 2.

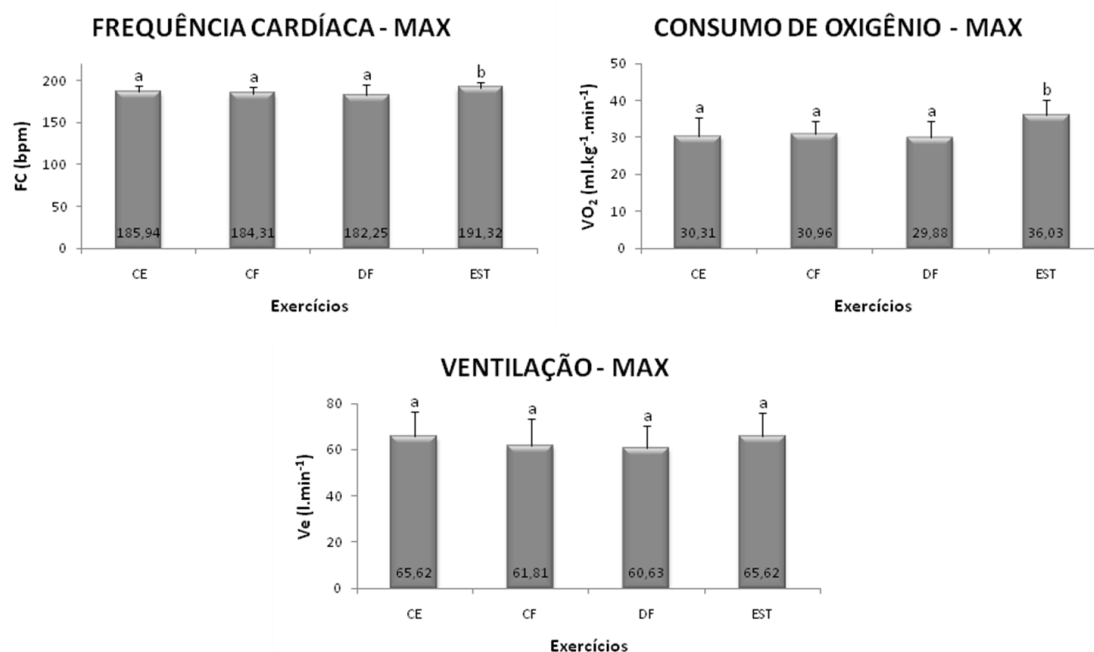


Figura 2 – Respostas de frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e ventilação ( $\dot{V}e$ ) no máximo esforço (MAX) entre os protocolos de testes progressivos realizados em esteira (EST) e nos exercícios aquáticos corrida estacionária (CE), chute frontal (CF) e deslize frontal (DF).

Nota: Letras diferentes representam diferenças significativas entre os protocolos de testes progressivos ( $p < 0,05$ ).



Na intensidade correspondente a LV1, não foram observadas diferenças significativas na FC entre os exercícios aquáticos CE, CF e DF; no entanto, assim como no máximo esforço, essas respostas foram significativamente menores nos protocolos aquáticos comparados ao protocolo em EST. Por outro lado, as variáveis  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}_e$  apresentaram comportamentos semelhantes nessa intensidade, sem diferenças significativas entre os quatro protocolos. Esse comportamento é demonstrado na Figura 3.

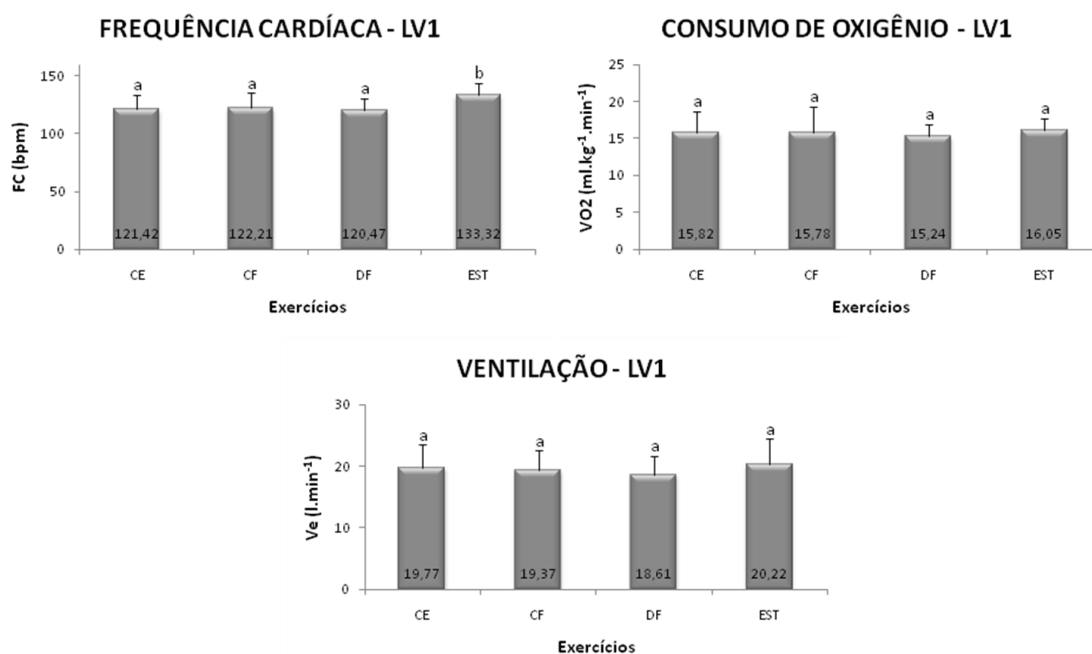


Figura 3 – Respostas de frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e ventilação ( $\dot{V}_e$ ) no primeiro limiar ventilatório (LV1) entre os protocolos de testes progressivos realizados em esteira (EST) e nos exercícios aquáticos corrida estacionária (CE), chute frontal (CF) e deslize frontal (DF). Nota: Letras diferentes representam diferenças significativas entre os protocolos de testes progressivos ( $p < 0,05$ ).

Ao comparar os protocolos de testes, as variáveis FC,  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}_e$  apresentaram o mesmo comportamento na intensidade correspondente a LV2. Nessa intensidade, não foram observadas diferenças significativas na FC, no  $\dot{V}O_2$  e na  $\dot{V}_e$  entre os exercícios

aquáticos CE, CF e DF; contudo, essas respostas foram significativamente menores que o protocolo em EST. Esse comportamento é apresentado na Figura 4.

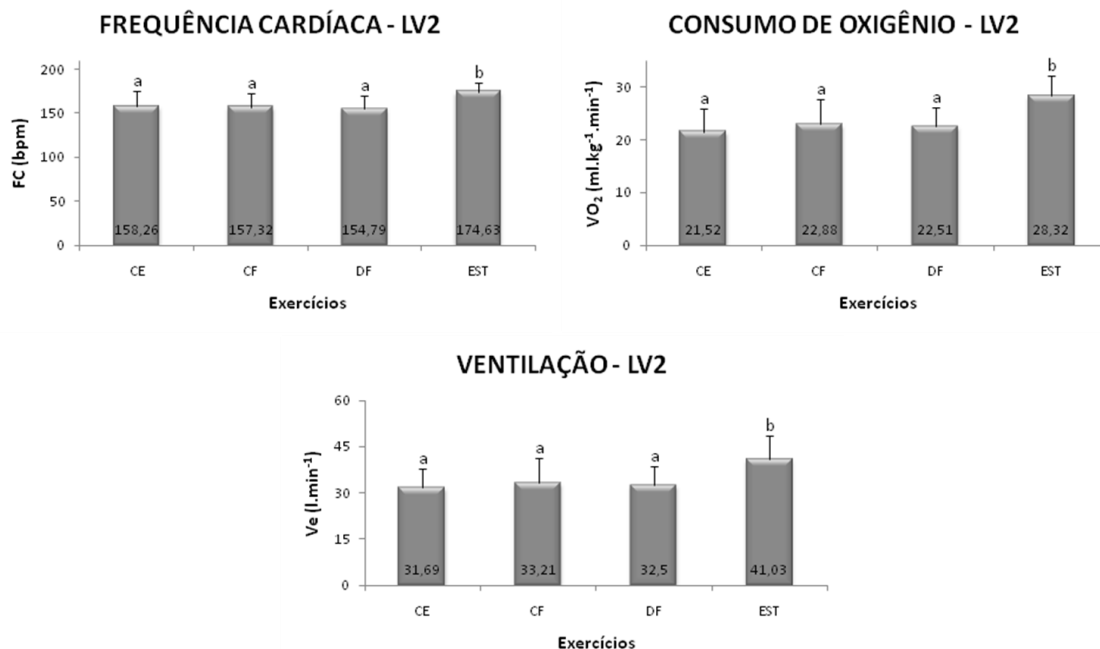


Figura 4 – Respostas de frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e ventilação ( $\dot{V}_e$ ) no segundo limiar ventilatório (LV2) entre os protocolos de testes progressivos realizados em esteira (EST) e nos exercícios aquáticos corrida estacionária (CE), chute frontal (CF) e deslize frontal (DF).  
Nota: Letras diferentes representam diferenças significativas entre os protocolos de testes progressivos ( $p < 0,05$ ).

Com relação ao  $\%FC_{\max}$  no LV1 e no LV2, não foram observadas diferenças significativas entre todos os protocolos de testes: CE, CF, DF e EST. Por outro lado, no que se refere ao  $\%\dot{V}O_{2\max}$  o comportamento foi distinto entre LV1 e LV2. Na intensidade correspondente ao LV1, o protocolo realizado em EST apresentou valores de  $\%\dot{V}O_{2\max}$  significativamente menores que os protocolos aquáticos CE, CF e DF, que não apresentaram diferenças significativas entre si. Já na intensidade correspondente ao LV2, não foram encontradas diferenças significativas no  $\%\dot{V}O_{2\max}$  entre os quatro protocolos de testes. Esse comportamento pode ser observado na Figura 5.

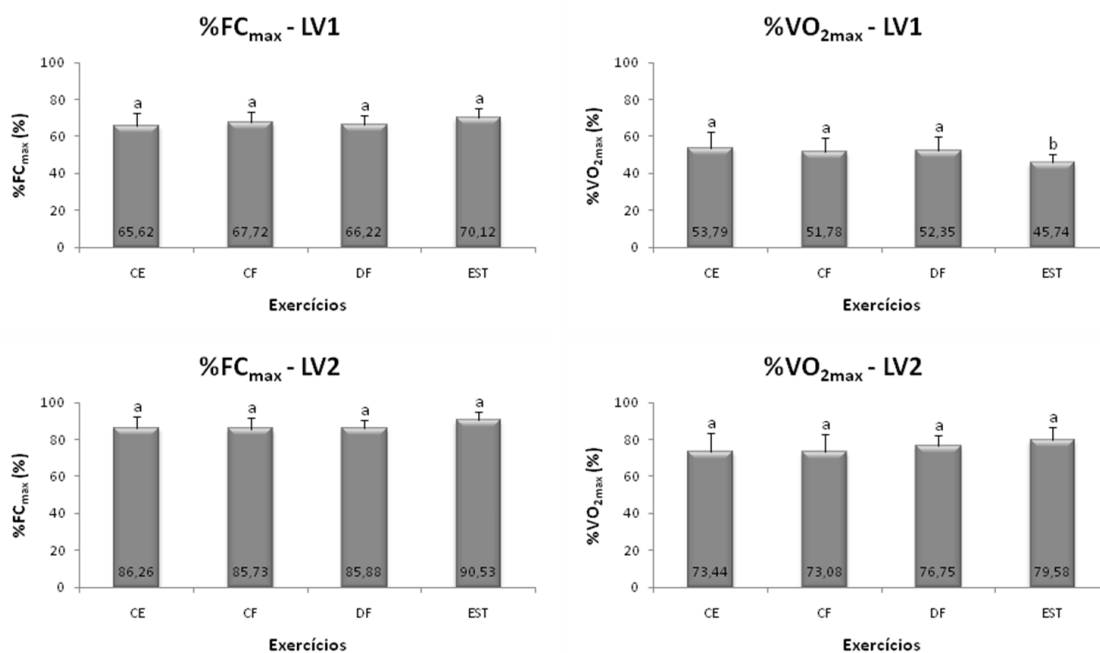


Figura 5 – Respostas dos percentuais da frequência cardíaca máxima (%FC<sub>max</sub>) e do consumo de oxigênio máximo (% $\dot{V}O_{2max}$ ) no primeiro (LV1) e segundo (LV2) limiares ventilatórios entre os protocolos de testes progressivos realizados em esteira (EST) e nos exercícios aquáticos corrida estacionária (CE), chute frontal (CF) e deslize frontal (DF).

Nota: Letras diferentes representam diferenças significativas entre os protocolos de testes progressivos ( $p < 0,05$ ).

#### 4.1.4 DISCUSSÃO

A principal descoberta do presente estudo foi o comportamento semelhante entre os três exercícios aquáticos para todas as variáveis e intensidades. As respostas de FC em todas as intensidades analisadas e de  $\dot{V}O_2$  no máximo esforço e na intensidade correspondente a LV2 apresentaram valores significativamente menores para os exercícios aquáticos comparados a esteira terrestre, mas quando expressos como percentuais do máximo, não apresentaram diferenças significativas, corroborando com a nossa hipótese. No entanto, na intensidade correspondente a LV1, as respostas de  $\dot{V}O_2$  apresentaram valores semelhantes entre os exercícios aquáticos e a esteira terrestre, mas significativamente maiores quando expressos como percentuais do máximo, refutando a nossa hipótese inicial. A variável  $\dot{V}e$  apresentou um comportamento similar ao do  $\dot{V}O_2$

nas intensidades correspondentes aos limiares ventilatórios; por outro lado, seu comportamento foi distinto na intensidade correspondente ao máximo esforço, uma vez que apresentou respostas semelhantes entre todos os protocolos.

*Frequência cardíaca.* De acordo com os dados do presente estudo, os protocolos de testes progressivos máximos resultaram em respostas de  $FC_{max}$  e correspondentes a LV1 e LV2 significativamente mais baixas para os três exercícios aquáticos analisados comparados ao protocolo em esteira terrestre. As respostas de FC em imersão estão bem descritas na literatura, e o comportamento dessa variável apresenta-se reduzido no meio aquático comparado ao meio terrestre tanto em repouso (Craig & Dvorak, 1966; Kruehl, 1994; Nakanishi et al., 1999a,b; Park et al., 1999; Sránek et al., 2000; Watenpaugh et al., 2000; Kruehl et al., 2009b) como em exercício, sendo independente da modalidade. Os resultados menores para a  $FC_{max}$  para os três exercícios aquáticos analisados no presente estudo corroboram com os de diversos estudos desenvolvidos em diferentes modalidades, como corrida em piscina funda (Butts et al., 1991; Town & Bradley, 1991; Svedenhag & Seger, 1992; Frangolias & Rhodes, 1995; Mercer & Jensen, 1998; Dowzer et al., 1999; Nakanishi et al., 1999a,b; Tiggemann et al., 2007), corrida em piscina rasa (Town & Bradley, 1991; Dowzer et al., 1999), cicloergômetro submerso (Sheldahl et al., 1984; Christie et al., 1990; Connelly et al., 1990; Pantoja et al., 2006) e exercícios de hidroginástica (Antunes et al., 2009; Kanitz et al., 2009). Além disso, poucos estudos analisaram o comportamento da FC nas intensidades correspondentes a LV1 (Frangolias & Rhodes, 1995; Antunes et al., 2009) ou primeiro limiar de lactato (Denadai et al., 1997) e LV2 (Antunes et al., 2009; Kanitz et al., 2009) ou segundo limiar de lactato (Denadai et al., 1997) e todos observaram esse mesmo comportamento.

Esses valores reduzidos de FC no meio aquático comparado ao meio terrestre em intensidades máximas e/ou submáximas podem ser atribuídos a um desvio central no

volume sanguíneo, devido à pressão hidrostática, assim como à temperatura da água (Watenpaugh et al., 2000, Alberton & Kruehl, 2009). A pressão hidrostática é um dos principais fatores que influenciam na FC em imersão (Arborelius et al., 1972; Sheldahl et al., 1984; Christie et al., 1990; Connelly et al., 1990; Watenpaugh et al., 2000). Com a imersão, ocorre aumento no volume sanguíneo central, devido à redistribuição do sangue venoso e fluido extracelular dos membros inferiores para a região central. Com o aumento do volume plasmático na região central, o coração e os vasos da circulação central são distendidos, gerando estimulação nos receptores de volume e pressão desses tecidos. Isso conduz a uma readaptação no sistema cardiovascular, aumentando a pressão venosa central, o débito cardíaco e o volume sistólico, para, enfim, diminuir a FC (Watenpaugh et al., 2000). Provavelmente, as condições térmicas oferecidas pelo meio aquático representam também um dos mecanismos responsáveis pela redução da FC em imersão, devido a facilitação da troca de calor entre o organismo e o meio ambiente. Por causa disso, a necessidade de distribuir sangue da região central (tórax e abdômen) para a periferia é diminuída, fazendo com que o volume plasmático se concentre na região central, acrescentando mais um fator para estimular os receptores de volume e de pressão do coração e sistema vascular central (Craig & Dvorak, 1966). Além disso, é importante salientar que a magnitude dessa redução está diretamente relacionada à posição do corpo (Sheldahl et al., 1984; Connelly et al., 1990; Kruehl et al., 2009b), à profundidade de imersão (Kruehl, 1994; Pohl & McNaughton, 2003; Finkelstein et al., 2004), à temperatura da água (Craig & Dvorak, 1966; Craig et al., 1969; McArdle et al., 1976; Hall et al., 1998; Park et al., 1999; Srámek et al., 2000; Graef et al., 2005) e à FC de repouso inicial (Kruehl, 1994).

No entanto, quando os valores de FC foram analisados em percentuais referentes aos valores máximos, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas

entre todos os exercícios nas intensidades correspondentes a LV1 e LV2. Os exercícios CE, CF, DF e EST apresentaram valores para o  $\%FC_{\max}$  em LV1 correspondentes a aproximadamente 66, 68, 66 e 70% e em LV2 a 86, 86, 86 e 90%, respectivamente, indicando que a relação entre os pontos em que ocorreram os limiares e o máximo esforço foram os mesmos para os quatro exercícios analisados.

*Consumo de oxigênio.* De acordo com os dados do presente estudo, os protocolos de testes progressivos máximos resultaram em respostas de  $\dot{V}O_{2\max}$  significativamente mais baixas para os três exercícios aquáticos analisados comparados ao protocolo em esteira terrestre. Resultados para o  $\dot{V}O_{2\max}$  semelhantes aos nossos, com a análise comparativa entre os meios, foram observados em diversos estudos que compararam a corrida em esteira terrestre com a corrida em piscina funda, executada em deslocamento ou de forma estacionária (Butts et al., 1991; Town & Bradley, 1991; Svedenhag & Seger, 1992; Frangolias & Rhodes, 1995; Michaud et al., 1995; Mercer & Jensen, 1998; Dowzer et al., 1999; Nakanishi et al., 1999a,b; Tiggemann et al., 2007). Ainda, entre esses, os estudos de Town & Bradley (1991) e de Dowzer et al. (1999) compararam também essas duas modalidades com a caminhada em piscina rasa (1,3 e 1,2m de profundidade, respectivamente) e encontraram diferenças significativas entre os três protocolos, sendo que a caminhada em piscina funda apresentou valores de  $\dot{V}O_{2\max}$  correspondentes a 74% e 75,3% dos valores observados para a esteira terrestre, respectivamente, enquanto a caminhada em piscina rasa apresentou valores correspondentes a 90% e 83,7%, respectivamente. Esses resultados são importantes para demonstrar que, apesar de no meio aquático a maioria dos estudos apresentarem respostas de  $\dot{V}O_{2\max}$  significativamente mais baixas, não é o meio aquático o responsável por essa redução, mas sim o padrão de movimento realizado. Quanto mais

semelhante a técnica de execução de um exercício entre os meios, mais semelhantes são as respostas de  $\dot{V}O_{2\max}$ . Isso pode ser confirmado por estudos que compararam o mesmo exercício executado em ambos os meios, como aqueles que utilizaram cicloergômetro submerso (Sheldahl et al., 1984; Connelly et al., 1990; Christie et al., 1990; Pantoja et al., 2006), caminhada em esteira subaquática com fluxo de água (Silvers et al., 2007) ou corrida estacionária (Kanitz et al., 2009) e não observaram diferenças significativas no  $\dot{V}O_{2\max}$ .

No presente estudo utilizamos o exercício de corrida em esteira como referência de  $\dot{V}O_{2\max}$  para o meio terrestre, que tem sido descrito como uma das atividades físicas de maior demanda para o sistema cardiovascular em razão do suporte do peso durante o esforço e do grande recrutamento muscular para a execução do movimento de corrida (Town & Bradley, 1991; Dowzer et al., 1999), e esse apresentou a resposta de  $\dot{V}O_{2\max}$  significativamente maior que os três exercícios aquáticos. Por outro lado, não encontramos diferenças significativas nessa variável durante o máximo esforço entre os três protocolos de exercícios aquáticos (CE, CF e DF). Esses dados corroboram com os dados de Antunes et al. (2009), em um estudo prévio desenvolvido em nosso laboratório, que avaliaram o  $\dot{V}O_{2\max}$  em protocolos de testes progressivos em exercícios de hidroginástica semelhantes aos do presente estudo e não encontraram diferenças significativas entre dois exercícios de hidroginástica similares aos do presente estudo (CE e CF). No entanto, encontraram um valor significativamente mais baixo de  $\dot{V}O_{2\max}$  para outro exercício de hidroginástica analisado, o deslize lateral, que é um exercício realizado com menor amplitude de movimento, menor velocidade angular e menor massa muscular envolvida em sua execução (Antunes et al., 2009).

Com relação às respostas referentes aos limiares ventilatórios, o  $\dot{V}O_2$  correspondente ao LV2 apresentou o mesmo comportamento que no máximo esforço, ou seja, os três exercícios aquáticos analisados resultaram em valores de  $\dot{V}O_2$  semelhantes, mas significativamente menores que aqueles observados no protocolo em esteira terrestre. No entanto, na intensidade correspondente ao LV1, não houve diferenças significativas nos valores de  $\dot{V}O_2$  entre os quatro protocolos de testes. De acordo com a literatura pesquisada, poucos estudos tem analisado o  $\dot{V}O_2$  correspondente aos limiares ventilatórios em exercícios aquáticos. Os dados do presente estudo para o  $\dot{V}O_2$  correspondente ao LV2 corroboram com outros estudos prévios realizados no nosso laboratório (Antunes et al., 2009; Kanitz et al., 2009). Kanitz et al. (2009), compararam as respostas máximas e correspondentes ao LV2 entre a corrida em esteira terrestre, corrida estacionária em meio terrestre e corrida estacionária em meio aquático. Como resultados, valores para o  $\dot{V}O_2$  correspondente ao LV2 foram significativamente maiores para a corrida em esteira terrestre comparada aos dois protocolos de corrida estacionária, tal como a resposta no esforço máximo. No entanto, quando a corrida estacionária foi realizada, não foram observadas diferenças no  $\dot{V}O_2$  correspondente ao LV2 entre os meios aquático e terrestre. Sugerimos, portanto, que assim como no máximo esforço, quanto mais semelhante o padrão de movimento e a técnica de execução de um exercício entre os meios, e conseqüentemente a massa muscular envolvida, mais semelhantes são as respostas de  $\dot{V}O_2$  correspondente ao LV2. Isso também foi observado no estudo de Antunes et al. (2009), que comparou o  $\dot{V}O_2$  de três exercícios de hidroginástica com a corrida em esteira terrestre e verificou que, além de todos os exercícios aquáticos terem apresentado respostas mais baixas para o  $\dot{V}O_2$  na



intensidade correspondente ao LV2 que a corrida em esteira terrestre, os mesmos também apresentaram diferenças entre si. Ou seja, o exercício deslize lateral, que apresenta uma menor massa muscular envolvida também apresentou valores de  $\dot{V}O_2$  significativamente mais baixos na intensidade correspondente ao LV2, assim como no máximo esforço, que os demais exercícios analisados (CE e CF). No entanto, tanto no presente estudo, como no estudo prévio de Antunes et al. (2009), quando os valores correspondentes ao LV2 foram analisados em percentuais referentes aos valores máximos, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os exercícios, sendo que no presente estudo esses valores corresponderam a valores de  $\% \dot{V}O_{2\max}$  de aproximadamente 73, 73, 77 e 80% para os exercícios CE, CF, DF e EST, respectivamente. Isso indica que a relação entre os pontos em que ocorreram o LV2 e o máximo esforço são os mesmos para os quatro exercícios analisados e sendo assim, pode-se dizer que a intensidade também foi a mesma em todos os exercícios.

Com relação ao  $\dot{V}O_2$  correspondente ao LV1, o estudo de Frangolias & Rhodes (1995) foi um dos poucos que além de analisar as respostas máximas, também analisou o comportamento do  $\dot{V}O_2$  no LV1 ao comparar a corrida em esteira terrestre com a corrida em piscina funda executada de forma estacionária. Para ambas as intensidades, máximo e LV1, os autores observaram respostas significativamente menores para o meio aquático. O estudo de Antunes et al. (2009) também encontrou valores de  $\dot{V}O_2$  no LV1 significativamente menores para os três exercícios de hidroginástica analisados comparados a corrida em esteira terrestre. No entanto, no presente estudo, não observamos diferenças significativas no  $\dot{V}O_2$  correspondente ao LV1 entre os quatro testes e conseqüentemente, uma vez que o  $\dot{V}O_{2\max}$  foi significativamente maior para a corrida em esteira terrestre, quando os valores correspondentes ao LV1 foram

analisados em  $\% \dot{V}O_{2\max}$ , foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os exercícios aquáticos comparados a corrida em esteira terrestre. Esses valores corresponderam a valores de  $\% \dot{V}O_{2\max}$  de aproximadamente 54, 52, 52 e 46% para os exercícios CE, CF, DF e EST, respectivamente. Essa diferença entre o presente estudo e os estudos supracitados pode ter sido causada pelos diferentes protocolos de testes utilizados. No presente estudo, utilizamos um protocolo com incrementos de intensidade através do aumento da cadência de execução a cada 1 min, e o tempo de exaustão médio variou entre 8,5 e 10 min de acordo com o protocolo de teste. No estudo de Antunes et al. (2009), a cadência de execução foi incrementada a cada 2 min e o tempo de exaustão médio variou de 12 a 14 min, enquanto no estudo de Frangolias & Rhodes (1995), o incremento da intensidade ocorreu através do aumento de cargas a cada 1 min e os testes também apresentaram durações mais longas, com valores médios de tempo de exaustão de 14 a 15 min. Além disso, Butts et al. (1991) sugerem que o principal fator limitante do  $\dot{V}O_{2\max}$  em atividades como a corrida em piscina funda são as restrições provocadas pela água na tentativa de atingir o máximo esforço. Logo, essas diferenças podem não ser significativas em intensidades mais baixas, como o  $\dot{V}O_2$  correspondente ao LV1, mas ficam mais evidentes à medida que a intensidade de esforço aumenta, ou seja, à medida que o esforço se aproxima do máximo (como por exemplo, na intensidade correspondente a LV2). Logo, em intensidades mais altas a dificuldade para executar os movimentos dos membros é maior devido ao aumento da velocidade de execução, uma vez que essa é elevada ao quadrado e diretamente proporcional a resistência ao avanço (Alexander, 1977).

*Ventilação.* De acordo com os dados do presente estudo, os quatro protocolos de testes progressivos máximos, realizados nos meios terrestre e aquático, resultaram em

respostas semelhantes de  $\dot{V}e_{\max}$ , comportamento esse distinto ao da  $FC_{\max}$  e do  $\dot{V}O_{2\max}$ . Nossos resultados corroboram com as respostas de outros estudos que também compararam os meios e observaram respostas semelhantes para a  $\dot{V}e_{\max}$  entre os meios, assim como respostas significativamente menores para o  $\dot{V}O_{2\max}$  no meio aquático. Entre esses, Frangolias & Rhodes (1995) compararam um teste de esforço máximo realizado em esteira com um protocolo realizado na corrida em piscina funda e observaram respostas semelhantes para a  $\dot{V}e_{\max}$ . O protocolo aquático foi realizado em um aparato onde os sujeitos eram mantidos fixos e se movimentavam sem deslocamento horizontal do corpo, enquanto o aumento da intensidade era proporcionado por incremento de cargas. O estudo de Svedenhag & Seger (1992) também observou valores máximos de  $\dot{V}e$  semelhantes entre a corrida em esteira e a corrida em piscina funda com deslocamento livre. Além disso, Antunes et al. (2009), também observaram valores máximos de  $\dot{V}e$  semelhantes entre a corrida em esteira e dois exercícios de hidroginástica analisados no presente estudo (CE e CF), no entanto encontraram um valor significativamente mais baixo de  $\dot{V}e_{\max}$  para outro exercício de hidroginástica analisado (deslize lateral). De acordo com Agostoni et al., (1966), a pressão hidrostática da água comprime o abdômen e eleva o diafragma para uma posição como a de total expiração. Isso resulta em um aumento na força requerida para a inspiração devido à redução na complacência pulmonar e capacidade vital. Além disso, o aumento no volume sanguíneo central tem também sido reportado contribuir para diminuir a complacência pulmonar na imersão aquática (Agostoni et al., 1966; Arborelius et al., 1972). Os similares valores de  $\dot{V}e$  entre os meios para o máximo esforço no presente estudo e nos demais estudos supracitados sugerem que o aumento no volume sanguíneo intratorácico e a compressão hidrostática na região peitoral durante a imersão não

restringem a  $\dot{V}e$ . No entanto, isso não é um consenso na literatura, uma vez que respostas de  $\dot{V}e_{\max}$  significativamente maiores (Silvers et al., 2007) ou menores (Butts et al., 1991; Dowzer et al., 1999; Nakanishi et al., 1999a,b) já foram observadas para protocolos de testes realizados em meio aquático comparados ao meio terrestre.

Com relação às respostas referentes ao LV2, a  $\dot{V}e$  correspondente ao LV2 apresentou o mesmo comportamento que o  $\dot{V}O_2$ , ou seja, os três exercícios aquáticos analisados resultaram em valores de  $\dot{V}e$  semelhantes, mas significativamente menores que aqueles observados no protocolo em esteira terrestre. Já na intensidade correspondente ao LV1, não houve diferenças significativas nos valores de  $\dot{V}e$  entre os quatro protocolos de testes, respostas também similares ao comportamento do  $\dot{V}O_2$ . No entanto, na literatura pesquisada não encontramos estudos que comparassem a  $\dot{V}e$  entre os meios aquático e terrestre na intensidade correspondente ao LV2. Com relação à  $\dot{V}e$  correspondente a LV1, a literatura apresenta apenas o estudo de Frangolias & Rhodes (1995), que comparou um teste de esforço máximo realizado em esteira com um protocolo realizado na corrida em piscina funda, anteriormente descrito. Esses autores encontraram um comportamento distinto ao do presente estudo, com respostas de  $\dot{V}e$  significativamente mais baixas para o protocolo aquático, assim como para o  $\dot{V}O_2$  nessa intensidade. Acreditamos que os diferentes protocolos de testes são os principais responsáveis por essa diferença entre os resultados. Mais estudos com diferentes exercícios e protocolos devem ser realizados para esclarecer esse comportamento.

#### 4.1.5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados, conclui-se que o comportamento entre os três exercícios aquáticos foi semelhante para todas as variáveis e intensidades. As respostas de FC apresentaram valores mais baixos para os testes aquáticos em todas as intensidades. Da mesma forma, as respostas de  $\dot{V}O_2$  no máximo esforço e na intensidade correspondente a LV2 apresentaram valores menores para os exercícios aquáticos comparados a esteira terrestre; no entanto, quando seus valores foram expressos como percentuais do máximo, as respostas foram semelhantes. Já as respostas de  $\dot{V}O_2$  na intensidade correspondente a LV1 apresentaram valores semelhantes entre os quatro protocolos; conseqüentemente, maiores valores foram observados para os exercícios aquáticos quando expressos como percentuais do máximo. A variável  $\dot{V}e$  apresentou um comportamento similar ao do  $\dot{V}O_2$  nas intensidades correspondentes aos limiares ventilatórios; por outro lado, seu comportamento foi distinto na intensidade correspondente ao máximo esforço, uma vez que apresentou respostas semelhantes entre todos os protocolos.

#### 4.1.6 APLICAÇÕES PRÁTICAS

A hidroginástica é uma modalidade que tem como característica o fato de ser acíclica, devido ao amplo repertório de exercícios, realizados com os membros superiores e inferiores simultaneamente, em diferentes planos de execução e com o recrutamento de diferentes musculaturas. Conseqüentemente, a prescrição da intensidade durante o planejamento dessa atividade é dificultada. Logo, a partir dos

nossos resultados, sugere-se que a prescrição dessa modalidade não pode ser baseada em testes máximos realizados no meio terrestre, uma vez que esses superestimam os valores cardiorrespiratórios para o meio aquático. Para tanto, a prescrição da modalidade de hidroginástica deve ser realizada a partir de testes específicos realizados no meio aquático, uma vez que tanto as respostas cardiorrespiratórias máximas, como as correspondentes aos limiares ventilatórios são alteradas. A prescrição baseada nos limiares ventilatórios, por sua vez, é a técnica mais moderna e precisa; pois dessa forma, é possível trabalhar de forma aeróbica e anaeróbica, utilizando percentuais relacionados aos limiares. Além disso, uma vez que as respostas cardiorrespiratórias foram semelhantes entre os três exercícios aquáticos analisados, apenas um teste máximo pode ser realizado e seus resultados podem ser extrapolados para os demais. No entanto, outros exercícios que envolvem outras musculaturas e planos de execução ainda devem ser investigados.

#### 4.1.7 REFERÊNCIAS

1. AGOSTONI, E.G.; GURTNER, G.; TORRI, G.; RAHN, H. Respiratory mechanics during submersion and negative pressure breathing. **J. Appl. Physiol.** 21: 251-258, 1966.
2. ALBERTON, C.L.; KRUEL, L.F.M. Influência da imersão nas respostas cardiorrespiratórias em repouso. **Rev. Bras. Med. Esporte.** 15(3):228-232, 2009.
3. ALEXANDER, R. **Mechanics and energetics of animal locomotion.** In: ALEXANDER, R.; GOLDSPIK, G., editors. *Swimming.* London: Chapman & Hall; 1977. p. 222-248.
4. ANTUNES, A. H.; ALBERTON, C. L.; BEILKE, D. D.; PINTO, S. S.; KANITZ, A. C.; TARTARUGA, M. P.; KRUEL, L. F. M. Determinação das respostas cardiorrespiratórias máximas e correspondentes aos limiares ventilatórios de três exercícios de hidroginástica em mulheres jovens. In: **Anais do XXI Salão de Iniciação Científica da UFRGS.** Porto Alegre, 2009.
5. ARBORELIUS, M.; BALDLIN, U.I.; LILJA, B.; LUNDGREN, C.E.G. Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. **Aerospace Med.** 43:590-598, 1972.

6. ASTORINO, T.A.; WILLEY, J.; KINNAHAN, J.; LARSSON, S.M.; WELCH, H.; DALLECK, L.C. Elucidating determinants of the plateau in oxygen consumption at  $VO_{2MAX}$ . **Br. J. Sports Med.** 39:655-660, 2005.
7. BEMBEN, D.A.; SALM, P.C.; SALM, A.J. Ventilatory and blood lactate responses to maximal treadmill exercise during the menstrual cycle. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 35(4):257-262, 1995.
8. BUTTS, N.K.; TUCKER, M.; GREENING, C. Physiologic responses to maximal treadmill and deep water running in men and women. **Am. J. Sports Med.** 19(6):612-614, 1991.
9. BUCHFUHRER, M.J.; HANSEN, J.E.; ROBINSON, T.E.; SUE, D.Y.; WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J. Optimizing the exercise protocol for cardiorespiratory assessment. **J. Appl. Physiol.** 55:1558-1564, 1983.
10. CHRISTIE, J.L.; SHELDAL, L.M.; TRISTANI, F.E.; WANN, L.S.; SAGAR, K.B.; LEVANDOSKI, S.G.; PTACIN, M.J.; SOBOCINSKY, K.A.; MORRIS, R.D. Cardiovascular regulation during head-out water immersion exercise. **J. Appl. Physiol.** 69(2):657-664, 1990.
11. CONNELLY, T.P.; SHELDAL, L.M.; TRISTANI, F.E.; LEVANDOSKY, S.G.; KALKHOFF, R.K.; HOFFMAN, M.D.; KALBFLEISH, J.H. Effect of increased central blood volume with water immersion on plasma catecholamines during exercise. **J. Appl. Physiol.** 69(2):651-656, 1990.
12. CRAIG, A.B.; DVORAK, M. Thermal regulation during water immersion. **J. Appl. Physiol.** 21:1577-1585, 1966.
13. CRAIG, A.B.; DVORAK, M. Comparison of exercise in air and in water of different temperatures. **Med. Sci. Sports Med.** 1(3):124-130, 1969.
14. DARBY, L.A.; YAEKLE, B.C. Physiological responses during two types of exercise performed on land and in the water. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 40(4):303-311, 2000.
15. DAVIS, J.A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. **Med. Sci. Sports Med.** 17(1):6-18, 1985.
16. DENADAI, B.S.; ROSAS, R.; DENADAI, M.L.D.R. Limiar aeróbico e anaeróbico na corrida aquática: comparação com os valores obtidos na corrida em pista. **Rev. Bras. Ativ. Fís. Saúde.** 2(1):23-28, 1997.
17. DOWZER, C.N.; REILLY, T.; CABLE, N.; NEVILL, A. Maximal physiological responses to deep and shallow water running. **Ergonomics.** 42(2):275-281, 1999.
18. FINKELSTEIN, I.; ALBERTON, C.L.; FIGUEIREDO, P.A.P.; GARCIA, D.R.; TARTARUGA, L.A.P.; KRUEL, L.F.M. Comportamento da frequência cardíaca, pressão arterial e peso hidrostático de gestantes em diferentes profundidades de imersão. **Rev. Bras. Ginecol. Obstet.** 26(9):685-690, 2004.
19. FRANGOLIAS, D.D.; RHODES, E.C. Maximal and ventilatory threshold responses to treadmill and water immersion running. **Med. Sci. Sports Exerc.** 27(7):1007-1013, 1995.
20. GRAEF, F.; ALBERTON, C.L.; TARTARUGA, L.A.P.; KRUEL, L.F.M. Frequência Cardíaca em homens imersos em diferentes temperaturas de água. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 5(3):266-273, 2005.
21. HALL, J.; McDONALD, I.A.; MADDISON, P.J.; O'HARE, J.P. Cardiorespiratory responses to underwater treadmill walking in healthy females. **Eur. J. Appl. Physiol.** 77:278-284, 1998.

22. HANSEN, D.; DENDALE, P.; BERGER, J.; MEEUSEN R. Low agreement of ventilatory threshold between training modes in cardiac patients. **Eur. J. Appl. Physiol.** 101:547-554, 2007.
23. HEYWARD, V.H.; STOLARCZYK, L.M. **Applied body composition.** Champaign IL: Human Kinetics, 1996.
24. HOWLEY, E.T.; BASSET Jr., D.R.; WELCH, H.G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Med. Sci. Sports Exerc.** 27:1292-1301, 1995.
25. HUG, F.; LAPLAUD, D.; SAVIN, B.; GRELOT, L. Occurrence of electromyographic and ventilatory thresholds in professional road cyclists. **Eur. J. Appl. Physiol.** 90:643-646, 2003.
26. JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L.; WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. **Med. Sci. Sports Exerc.** 12:175-182, 1980.
27. KANITZ, A. C.; ANTUNES, A. H.; BEILKE, D. D.; ALBERTON, C. L.; SILVA, E. M.; PINTO, S. S.; KRUEL, L. F. M. Comparação das respostas cardiorrespiratórias máximas e no limiar anaeróbico no exercício de corrida estacionária. In: **Anais do XXI Salão de Iniciação Científica da UFRGS.** Porto Alegre, 2009.
28. KRUEL, L.F.M. **Peso hidrostático e frequência cardíaca em pessoas submetidas a diferentes profundidades de água.** Santa Maria, 1994. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria.
29. KRUEL, L.F.M.; PEYRÊ-TARTARUGA, L.A.; ALBERTON, C.L.; MÜLLER, F.G.; PETKOWIZC, R. Effects of hydrostatic weight on heart rate during water immersion. **Int. J. Aquat. Res. Educ.** 3:178-185, 2009b.
30. McARDLE, W.D.; MAGEL, J.R.; LESMES, G.R.; PECHAR, G.S. Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18, 25 and 33°C. **J. Appl. Physiol.** 40:85-90, 1976.
31. MERCER, J.A.; JENSEN, R.L. Heart rate at equivalent submaximal levels of  $VO_2$  do not differ between deep water running and treadmill running. **J. Strength Cond. Res.** 12(3):161-165, 1998.
32. MICHAUD, T.J.; RODRIGUEZ-ZAYAS, J.; ANDRES, F.F.; FLYNN, M.G.; LAMBERT, C.P. Comparative exercise responses of deep-water and treadmill running. **J. Strength Cond. Res.** 9(2):104-109, 1995.
33. NAKANISHI, Y.; KIMURA, T.; YOKO, Y. Maximal responses to deep water running at termoneutral temperature. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 18(2):31-35, 1999a.
34. NAKANISHI, Y.; KIMURA, T.; YOKO, Y. Physiological responses to maximal treadmill and deep water running in the young and the middle aged males. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 18(3):81-86, 1999b.
35. PANTOJA, P.D.; VENDRUSCULO, A.P.; FAYH, A.P.; ALBERTON, C.L.; KRUEL, L.F.M. Respostas hemodinâmicas, cardiorrespiratórias e ocorrência de lesão muscular no meio aquático e terrestre em mulher não ativa: estudo de caso. **Revista Motriz.** 12(3):277-282, 2006.
36. PARK, K.S.; CHOI, J.K.; PARK, Y.S. Cardiovascular regulation during water immersion. **Appl. Human. Sci.** 18(6):233-241, 1999.
37. POHL, M.B.; McNAUGHTON, L.R. The physiological responses to running and walking in water at different depths. **Res. Sports Med.** 11:63-78, 2003.
38. SHELDAHL, L.M.; WANN, L.S.; CLIFFORD, P.S.; TRISTANI, F.E.; WOLF, L.G.; KALBFLEISH, J.H. Effect of central hypervolemia on cardiac performance during exercise. **J. Appl. Physiol.** 52(6):1662-1667, 1984.



39. SILVERS, W.M.; RUTLEDGE, E.R.; DOLNY, D.G. Peak Cardiorespiratory responses during aquatic and land treadmill exercise. **Med. Sci. Sports Exerc.** 39(6):969-975, 2007.
40. SRÁMEK, P.; SIMECKOVÁ, M.; JANSKI, L.; SAVLÍKOVÁ, J.; VYBÍRAL, S. Human Physiological responses to immersion into water of different temperatures. **Eur. J. Appl. Physiol.** 81:436-442, 2000.
41. SVEDENHAG, J.; SEGER, J. Running on land and in water: comparative exercise physiology. **Med. Sci. Sports Exerc.** 24(10):1155-1160, 1992.
42. TANAKA, H.; MONAHAN, K.D.; SEALS, D.R. Age-predicted maximal heart rate revisited. **J. Am. Coll. Cardiol.** 37(1):153-156, 2001.
43. TIGGEMANN, C.L.; ALBERTON, C.L.; POSSER, M.S.; BRIDI, J.; KRUEL, L.F.M. Comparação de variáveis cardiorrespiratórias máximas entre a corrida em piscina funda e a corrida em esteira. **Revista Motriz.** 13(4):266-272, 2007.
44. TOWN, G.P.; BRADLEY, S.S. Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. **Med. Sci. Sports Exerc.** 23(2):238-241, 1991.
45. 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.
46. WATENPAUGH, D.E.; PUMP, B.; BIE, P.; NORSK, P. Does gender influence human cardiovascular and renal responses to water immersion? **J. Appl. Physiol.** 89:621-628, 2000.
47. WINGET, C.H.; DeROSHIA, C.W.; HOLLEY, D.C. Circadian rhythms and athletic performance. **Med. Sci. Sports Exerc.** 17(5):498-516, 1985.

## **4.2 ESTUDO II: Análise da força de reação vertical do solo em exercícios de hidroginástica realizados nos meios aquático e terrestre em diferentes intensidades de esforço**

### **RESUMO**

O objetivo do presente estudo foi comparar as respostas da força de reação vertical do solo ( $F_z$ ) de mulheres jovens realizando exercícios de hidroginástica em diferentes intensidades nos meios aquático (MA) e terrestre (MT). Quinze mulheres jovens ( $23,2 \pm 2,0$  anos;  $162,8 \pm 7,1$  cm;  $57,6 \pm 5,8$  kg) realizaram duas sessões (MA e MT) de protocolo de testes, que consistiam na execução de 10 repetições de cada um dos três exercícios de hidroginástica (corrida estacionária (CE), chute frontal (CF), deslize frontal (DF)) em três cadências selecionadas, correspondentes ao primeiro (LV1) e segundo limiares ventilatórios (LV2) e máximo esforço (MAX). Uma plataforma de força subaquática (AMTI) foi utilizada para medir o valor de pico de  $F_z$  ( $F_{z_{\text{pico}}}$ ) e o impulso (IMP). ANOVA para medidas repetidas de dois e três fatores foram utilizadas para analisar o IMP e a  $F_{z_{\text{pico}}}$ , respectivamente ( $\alpha = 0,05$ ). Foram verificadas respostas significativamente maiores para  $F_{z_{\text{pico}}}$  ( $p < 0,001$ ) e IMP ( $p < 0,001$ ) para MT comparado a MA. Diferenças significativas foram observadas entre todas as intensidades para  $F_{z_{\text{pico}}}$  ( $p < 0,001$ ) e IMP ( $p < 0,001$ ) no MT e IMP ( $p < 0,001$ ) no MA; no entanto, para  $F_{z_{\text{pico}}}$  ( $p < 0,001$ ) no MA, somente entre LV1 e as demais intensidades. Além disso, no MA, valores de  $F_{z_{\text{pico}}}$  ( $p < 0,001$ ) significativamente menores foram observados entre o exercício DF e os demais exercícios. Logo, a  $F_z$  foi sempre menor no MA comparado

ao MT, sendo que no MA a sua magnitude depende do exercício e da cadência de execução realizada.

**Palavras-chave:** impacto; impulso; imersão.

#### 4.2.1 INTRODUÇÃO

Recentemente, diversos estudos tem sido desenvolvidos com o intuito de investigar as respostas das forças de reação do solo (FRS) em exercícios realizados no meio aquático. Isso se deve ao fato de, quando comparado ao meio terrestre, o meio aquático alterar tanto a magnitude, como o formato das curvas força-tempo, para os três componentes da FRS, vertical ( $F_z$ ), ântero-posterior ( $F_y$ ) e médio-lateral ( $F_x$ ) (Miyoshi et al., 2004; Barela et al., 2006; Roesler et al., 2006). Desses, a  $F_z$  é o componente que apresenta a maior magnitude na FRS resultante, e conseqüentemente, é aquela que tem recebido maior atenção na literatura, em especial o seu valor de pico ( $F_{z_{pico}}$ ), e também o impulso (IMP).

No meio aquático, a maior parte das pesquisas investigou a  $F_z$  durante a modalidade de caminhada com deslocamento horizontal, comparando-a com o meio terrestre, entre diferentes profundidades de imersão, entre diferentes velocidades e com ou sem uso de cargas adicionais (Harrisson et al., 1992; Nakazawa et al., 1994; Miyoshi et al., 2004, 2006; Barela et al., 2006; Roesler et al., 2006; Barela & Duarte, 2008; Hauptenthal et al., 2010). Apenas dois estudos foram encontrados na literatura comparando essa variável entre os meios em outras atividades aquáticas, como saltos (Triplett et al., 2009) e exercícios de hidroginástica (Kruel, 2000). Como resultados desses estudos, os valores de  $F_{z_{pico}}$  apresentaram respostas significativamente mais baixas para o meio aquático (Harrisson et al., 1992; Nakazawa et al., 1994; Kruel, 2000;

Miyoshi et al., 2004; Barela et al., 2006; Roesler et al., 2006; Barela & Duarte, 2008; Triplett et al., 2009) e essas respostas foram maximizadas com o uso de cargas adicionais (Miyoshi et al., 2006) e minimizadas com o aumento da profundidade de imersão (Harrisson et al., 1992; Nakazawa et al., 1994; Roesler et al., 2006).

Com relação a diferentes intensidades de esforço, respostas distintas são observadas na literatura de acordo com o meio de execução. Ao contrário do meio terrestre, onde os estudos demonstram um aumento nas respostas da  $Fz_{\text{pico}}$  durante a caminhada com o aumento da velocidade (Nilsson et al., 1989; Keller et al., 1996; Masani et al., 2002; Chiu & Wang, 2007), os estudos desenvolvidos no meio aquático encontrados na literatura reportam que, durante a caminhada aquática, a  $Fz_{\text{pico}}$  é independente da velocidade de execução (Miyoshi et al., 2004, 2006; Roesler et al., 2006). No entanto, velocidades auto-selecionadas e/ou cadências fixas foram utilizadas como indicadores de esforço fisiológico.

Ao analisar diferenças entre exercícios, na literatura pesquisada, apenas o estudo de Krueel (2000) avaliou a  $Fz$  de diferentes exercícios realizados no meio aquático. Esse estudo avaliou exercícios de hidroginástica, executados de forma estacionária, com deslocamento vertical do corpo e do centro de massa, ao contrário da caminhada, realizada com deslocamento horizontal. Como resultados, nenhuma diferença significativa foi observada nos valores de  $Fz_{\text{pico}}$  e IMP entre os distintos exercícios na profundidade de imersão de ombros. É importante salientar que nesse estudo, apenas uma intensidade foi analisada, sendo ela baseada no índice de esforço percebido moderado, correspondendo a diferentes cadências para cada exercício.

Contudo, não foram encontrados na literatura estudos que avaliassem as respostas de  $Fz$  em diferentes exercícios de hidroginástica realizados em diferentes intensidades, como no esforço máximo e nas intensidades correspondentes aos limiares

ventilatórios. Essas respostas são fundamentais para a indicação da intensidade e exercício adequados, uma vez que essa modalidade é amplamente recomendada para indivíduos que não devem ser submetidos a atividades físicas com alto impacto articular. Portanto, o objetivo do presente estudo foi comparar as respostas de  $Fz_{\text{pico}}$  e IMP de mulheres jovens realizando diferentes exercícios de hidroginástica nas intensidades correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), ao segundo limiar ventilatório (LV2) e ao máximo esforço (MAX) nos meios aquático e terrestre. Tem-se como hipótese de pesquisa que as respostas de  $Fz_{\text{pico}}$  e IMP seriam menores no meio aquático comparado ao meio terrestre, e que as mesmas seriam dependentes tanto do exercício como da intensidade de esforço realizada.

#### **4.2.2 MATERIAIS E MÉTODOS**

*Amostra.* A amostra do presente estudo foi composta por 15 mulheres jovens, ativas voluntárias, com idade entre 19 e 29 anos, cuja caracterização está apresentada na Tabela 1. Os critérios de inclusão da amostra foram ser ambientada ao meio líquido, apresentar um ciclo menstrual regular e um percentual de gordura entre 22,5 e 32,5%; por outro lado, os critérios de exclusão foram ser atleta, fumante, tomar alguma medicação (com exceção de contraceptivo) e apresentar doenças musculoesqueléticas, osteoarticulares, cardíacas ou pulmonares, diagnosticadas através de uma anamnese. Todas 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 2008097 (ANEXO B).

Tabela 1 – Caracterização da amostra.

	<b>Média ± DP</b>
<b>Idade (anos)</b>	23,2 ± 2,0
<b>Estatura (cm)</b>	162,8 ± 7,1
<b>Massa corporal (kg)</b>	57,6 ± 5,8
<b>Peso hidrostático (N)</b>	176,5 ± 34,9
<b>%PH (%)</b>	68,8 ± 3,7
<b>%G (%)</b>	28,1 ± 3,3

Nota: %PH – redução do peso hidrostático; %G - % gordura corporal.

*Caracterização da amostra.* Uma sessão inicial foi realizada no Laboratório de Pesquisa do Exercício da Instituição com o objetivo de preencher uma ficha de dados individuais e uma anamnese. Além disso, foram coletados os dados de massa corporal e estatura através de uma balança (FILIZOLA; São Paulo, Brasil), com resolução de 100 g, e um estadiômetro acoplado, com resolução de 1 mm, respectivamente. Após, foram medidas as dobras cutâneas tricóptica, subescapular, peitoral, axilar-média, supra-ílica, abdominal e coxa com um plicômetro (LANGE, Cambridge Scientific Instruments, Cambridge, Reino Unido), com resolução de 1 mm. A partir desses dados foi estimada a densidade corporal utilizando-se o protocolo de dobras cutâneas proposto por Jackson et al. (1980) e foi estimada a composição corporal por meio da fórmula de Siri *apud* Heyward & Stolarczyk (1996).

*Familiarização.* Em uma segunda sessão, os indivíduos compareceram ao Centro Natatório da Instituição para a familiarização. As componentes da amostra entraram na piscina e realizaram os três exercícios de hidroginástica selecionados em cadências progressivas. Nesse momento, os exercícios foram demonstrados e todos os detalhes de execução e amplitude de movimento foram explicados.

*Testes máximos.* Foram realizadas três sessões de testes progressivos máximos aquáticos, uma para cada exercício, a fim de determinar as cadências correspondentes a LV1, LV2 e MAX no meio aquático. Essas sessões de testes foram realizadas em dias distintos, com intervalo mínimo de 48 h e ordem randomizada. Além disso, os testes

foram realizados entre o oitavo e o vigésimo dia após a data do início da última menstruação, a fim de controlar o período hormonal (Bemben et al. 1995), e sempre no mesmo horário do dia, a fim de evitar variações relacionadas ao ritmo circadiano (Winget et al., 1985). A intensidade de cada protocolo foi determinada por um metrônomo digital (MA-30, KORG; Japão), com amplitude de 40 a 208 bpm, e resolução de 1 bpm. Cada protocolo consistiu na execução de um dos exercícios de hidroginástica em um ritmo de execução inicial de 85 bpm durante 2 min e posteriores incrementos de 15 bpm a cada minuto.

A seguir, dois fisiologistas experientes e independentes detectaram por inspeção visual os limiares ventilatórios. Se eles não concordassem, a opinião de um terceiro fisiologista era incluída (Hug et al., 2003). O LV1 foi calculado através do método V-slope (Wasserman et al., 1973) e o LV2 foi determinado através do segundo ponto de inflexão da curva de ventilação (Hansen et al., 2007). Para confirmação dos dados, LV1 e LV2 foram determinados através dos equivalentes ventilatórios de  $O_2$  ( $\dot{V}_e/\dot{V}O_2$ ) e de  $CO_2$  ( $\dot{V}_e/\dot{V}CO_2$ ), respectivamente (Davis, 1985). As cadências individuais correspondentes às intensidades de LV1, LV2 e MAX em cada exercício aquático foram utilizadas para cada sujeito durante o protocolo experimental, tanto para os testes aquáticos como terrestres. Os valores médios das cadências obtidos para cada exercício em cada intensidade são apresentados na Tabela 2. Para a mensuração dessas variáveis ventilatórias, utilizou-se um analisador de gases portátil do tipo caixa de mistura (VO2000, MedGraphics; Ann Arbor, Estados Unidos), previamente calibrado de acordo com as especificações do fabricante.

Tabela 2 – Média e desvio-padrão (DP) das cadências correspondentes às intensidades de primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX) para os diferentes exercícios.

Exercício	Intensidade	Cadência (bpm)
		Média ± DP
Corrida Estacionária	LV1	103,3 ± 10,5
	LV2	134,0 ± 13,5
	MAX	164,0 ± 16,4
Chute Frontal	LV1	98,0 ± 6,8
	LV2	123,3 ± 11,1
	MAX	148,7 ± 11,9
Deslize Frontal	LV1	97,3 ± 5,9
	LV2	125,3 ± 13,6
	MAX	149,3 ± 12,8

*Procedimento experimental.* Duas sessões correspondentes aos protocolos de testes foram realizadas, uma no meio aquático e outra no meio terrestre, com a finalidade de coletar a variável dependente Fz. As sessões foram executadas com um intervalo mínimo de 24 h e ordem randomizada. Inicialmente, o sujeito se posicionava sobre a plataforma, com os braços relaxados para a medida do peso corporal (no meio terrestre) ou peso hidrostático (no meio aquático). A seguir, o protocolo de testes era realizado, consistindo na execução dos três exercícios de hidroginástica nas três intensidades selecionadas. Em cada situação, 10 repetições eram realizadas na cadência individual correspondente, respeitando um intervalo de 5 min entre as intensidades e de 15 min entre os exercícios. A ordem dos exercícios e das intensidades foi randomizada. Em ambos os protocolos, os sujeitos executaram os exercícios com os pés descalços. O protocolo terrestre foi realizado em uma sala com a temperatura ambiente entre 22 e 26°C. O protocolo aquático foi executado em uma piscina com dimensões de 16 m X 9 m, e variação de profundidade de 0,95 m a 1,3 m. A profundidade de imersão foi fixada no processo xifóide e a temperatura da água foi mantida entre 30 e 31°C. A sequência do protocolo é ilustrada no desenho esquemático da Figura 1.



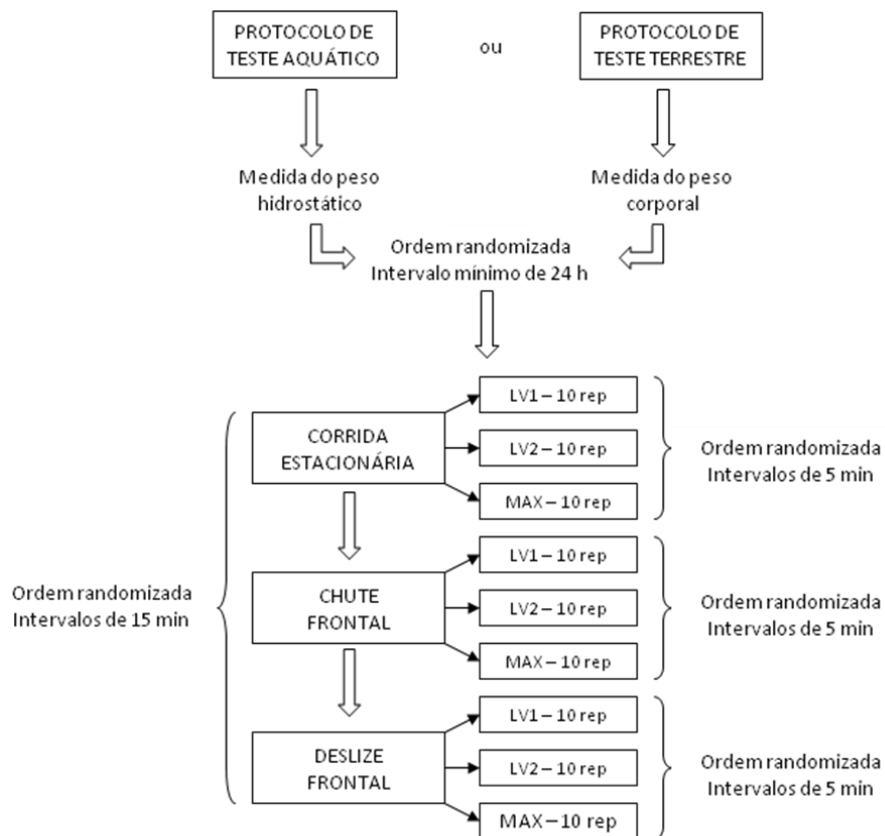


Figura 1 – Desenho esquemático do protocolo de coleta de dados.

Os três exercícios aquáticos selecionados, corrida estacionária, chute frontal e deslize frontal, apresentados na Figura 2, são amplamente utilizados nas aulas de hidroginástica e apresentam em comum o deslocamento dos membros inferiores no sentido ântero-posterior e a ativação dos grupos musculares de flexores e extensores do quadril, flexores e extensores do joelho e flexores plantares e dorsais do tornozelo. Os três exercícios são realizados em duas fases, cada uma realizada em 1 bpm e correspondente a fase de apoio de um dos membros inferiores.

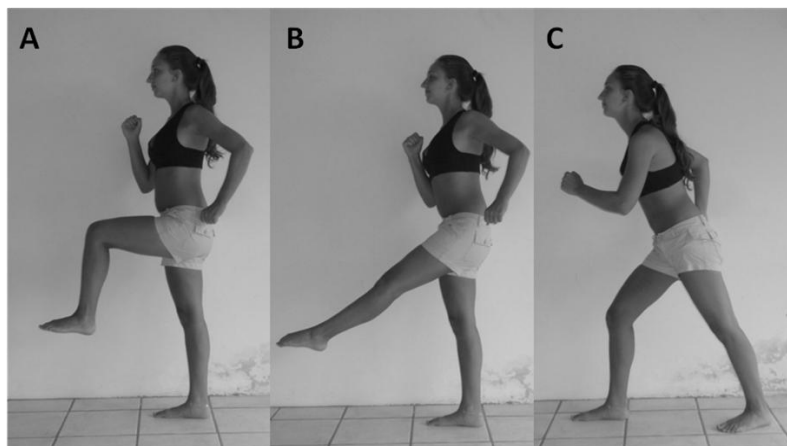


Figura 2 – Exercícios: Corrida estacionária (A), Chute frontal (B) e Deslize frontal (C).

- Corrida estacionária (CE, Figura 2A): Esse exercício apresenta como característica o apoio unipodal e uma fase de voo, onde ocorre a troca de apoio entre os pés direito e esquerdo. A primeira fase do exercício consiste na flexão do quadril e do joelho direitos até  $90^\circ$  (fase de voo). A segunda fase consiste na extensão do quadril e do joelho direitos, mantendo sempre o tornozelo na posição neutra (fase de apoio). Os membros inferiores realizam o mesmo movimento alternadamente, sendo que a Fz é coletada apenas para o membro inferior direito.

- Chute frontal (CF, Figura 2B): Esse exercício apresenta como característica o apoio unipodal e uma fase de voo, onde ocorre a troca de apoio entre os pés direito e esquerdo. A primeira fase do exercício consiste na flexão do quadril até  $45^\circ$ , flexão (decorrente da resistência da água) seguida de extensão do joelho e flexão plantar do tornozelo direitos (fase de voo). A segunda fase consiste na extensão do quadril, flexão inicial seguida de extensão do joelho e flexão dorsal do tornozelo até a posição inicial (fase de apoio). Os membros inferiores realizam o mesmo movimento alternadamente, sendo que a Fz é coletada apenas para o membro inferior direito.

- Deslize frontal (DF, Figura 2C): Esse exercício apresenta como característica o apoio bipodal, não existindo uma fase de voo já que a troca de apoio é realizada

deslizando os pés no solo. Nesse exercício, a posição inicial é em pé, com o corpo inclinado para frente. A primeira fase do exercício consiste na flexão do quadril direito até  $60^\circ$  com uma semi-flexão do joelho a fim de manter o apoio total do pé no solo (fase de apoio). A segunda fase consiste na extensão do quadril e do joelho e flexão dorsal do tornozelo direitos, mantendo o apoio do pé no solo (fase de voo ausente). Os membros inferiores realizam o mesmo movimento alternadamente, mantendo um alinhamento corporal da coluna vertebral com membro inferior que está estendido. A Fz é coletada apenas para o membro inferior direito, e embora esse exercício apresente apoio bipodal, a finalização da segunda fase (fase de voo ausente) ocorre com o apoio do pé fora da plataforma.

Em todos os exercícios, os ombros realizaram um leve movimento de flexão e extensão dos ombros, um em cada fase, mantendo os cotovelos flexionados a aproximadamente  $90^\circ$ . Os membros inferiores e superiores realizaram os movimentos de forma alternada, para dar equilíbrio durante o movimento. A fim de controlar a amplitude de movimento de cada exercício, fitas tape foram fixadas em barras laterais apoiadas no fundo da piscina, conforme ilustração da Figura 3. Essas fitas delimitavam os ângulos de flexão do quadril em  $90^\circ$  para a CE, flexão do quadril em  $45^\circ$  para o CF e flexão do quadril em  $60^\circ$  para o DF.



Figura 3 – Exemplo de controle da amplitude de movimento.

Para a avaliação da FRS, tanto no meio aquático como no meio terrestre, utilizou-se uma plataforma de força subaquática (OR6-WP, AMTI, Watertown, Estados Unidos) com capacidade de até 8900 N para Fz. Sua sensibilidade para Fz é de 0,08  $\mu\text{V}/[\text{V}\cdot\text{N}]$  e variação de temperatura de trabalho útil de -17 a 52°C. Utilizou-se uma frequência de amostragem de 2000 Hz. Os dados foram transmitidos para um computador pessoal, através do software AMTIForce.

*Tratamento dos dados.* A partir da relação entre as variáveis peso corporal (PC) e peso hidrostático (PH), medidas em Newton, nos meios terrestre e aquático, respectivamente, obteve-se o percentual de redução do PH (%PH). O sinal da FRS captado pela plataforma de força foi registrado no software AMTIForce, e posteriormente, exportado para o software SAD32 (Laboratório de Medidas Mecânicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre, Brasil). Inicialmente, realizou-se a separação dos canais, para a análise do componente Fz. A seguir, realizou-se a filtragem digital do sinal, utilizando-se o filtro passa-baixa Butterworth, com frequência de corte de 10 Hz e ordem 3. Foram realizados os recortes correspondentes à fase de apoio das 3 repetições centrais (4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> repetições) de cada exercício em cada intensidade e meio. Foram determinados os valores de  $Fz_{\text{pico}}$  para as curvas selecionadas, a duração da fase de apoio (DUR), assim como o tempo de ocorrência para  $Fz_{\text{pico}}$ , dos quais obteve-se um valor médio. A seguir, foi determinado o tempo percentual da ocorrência da  $Fz_{\text{pico}}$  (%T- $Fz_{\text{pico}}$ ). Os valores de  $Fz_{\text{pico}}$  foram relativizados pelo PC medido no meio terrestre, e são apresentados em unidades de PC no meio terrestre. Além disso, o IMP foi calculado a partir da integral da Fz pelo tempo correspondente a fase de apoio, que representa a área sob a curva. Para a análise temporal das curvas força X tempo, o eixo do tempo foi normalizado de 0 a 100%. Logo, foi realizada uma curva média correspondente às 3 repetições selecionadas para

cada sujeito em cada situação. Essas curvas médias foram reamostradas em 320 pontos e exportadas para o Excel, para o cálculo das curvas médias entre sujeitos.

*Análise estatística.* Para analisar os dados coletados, utilizou-se estatística descritiva, com os dados apresentados através de média  $\pm$  desvio-padrão (DP). O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para a análise da normalidade dos dados. A comparação da  $Fz_{\text{pico}}$  entre meios, exercícios e intensidades de esforço foi realizada através da ANOVA de três fatores (2 X 3 X 3) para medidas repetidas. A comparação do IMP entre meios e intensidades de esforço foi realizada para cada exercício através da ANOVA de dois fatores (2 X 3) para medidas repetidas. Não levou-se em consideração nessa análise o efeito principal exercício, uma vez que cada exercício foi realizado em uma cadência pré-determinada, com durações das repetições distintas. Para todas as análises utilizou-se o teste complementar de Bonferroni para a localização das diferenças significativas. O índice de significância adotado foi de  $\alpha = 0,05$  e os dados foram processados no pacote estatístico SPSS versão 14.0.

### **4.2.3 RESULTADOS**

A análise temporal global das curvas força X tempo é apresentada na Figura 4. A partir dos gráficos apresentados, é possível observar o comportamento da Fz ao longo do tempo normalizado pela fase de apoio para cada exercício, comparando os meios e as intensidades. A análise descritiva da DUR e do %T- $Fz_{\text{pico}}$  são apresentadas na Tabela 3.

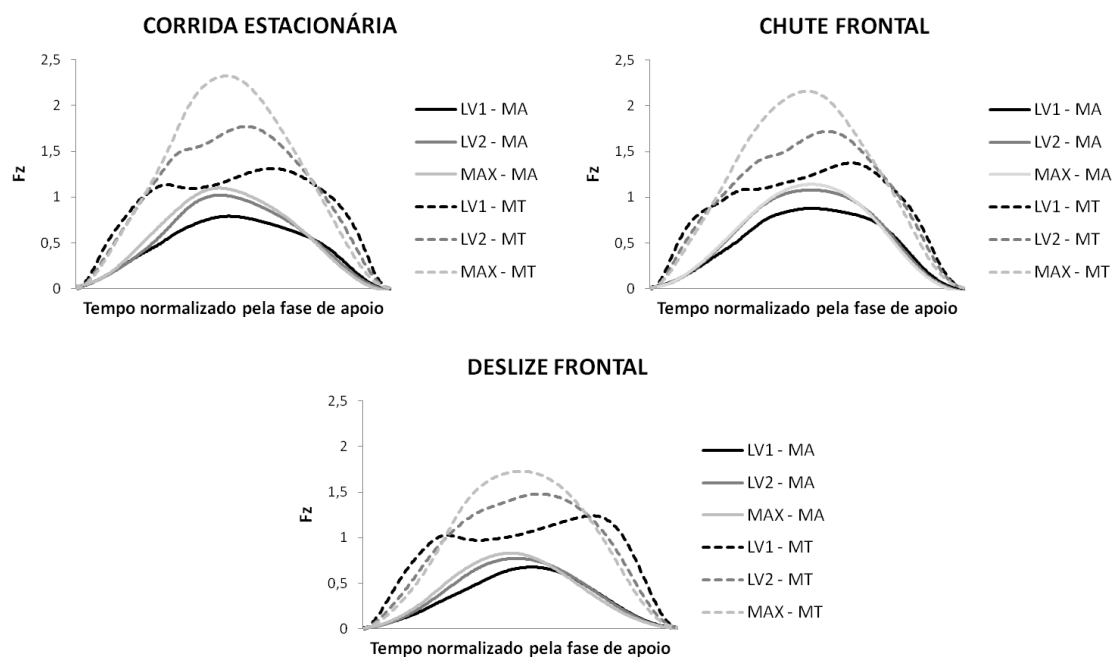


Figura 4 – Curva média força X tempo para os diferentes exercícios realizados nas cadências correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX) nos meios aquático (MA) e terrestre (MT).

Tabela 3 – Média e desvio-padrão (DP) da duração da fase de apoio (DUR) e do tempo percentual da ocorrência da  $Fz_{\text{pico}}$  (%T- $Fz_{\text{pico}}$ ) para os diferentes exercícios realizados nas cadências correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX) nos meios aquático (MA) e terrestre (MT).

Exercício	Intensidade	DUR (s)		%T- $Fz_{\text{pico}}$ (%)	
		MA Média ± DP	MT Média ± DP	MA Média ± DP	MT Média ± DP
Corrida estacionária	LV1	0,42 ± 0,07	0,65 ± 0,11	46,62 ± 10,56	62,17 ± 14,69
	LV2	0,27 ± 0,05	0,44 ± 0,11	46,88 ± 5,92	54,42 ± 11,68
	MAX	0,21 ± 0,03	0,32 ± 0,09	44,89 ± 8,05	47,44 ± 5,64
Chute Frontal	LV1	0,40 ± 0,06	0,67 ± 0,06	50,67 ± 8,19	63,50 ± 7,26
	LV2	0,30 ± 0,05	0,48 ± 0,05	51,70 ± 7,13	52,51 ± 9,41
	MAX	0,23 ± 0,03	0,36 ± 0,05	52,40 ± 4,91	49,57 ± 5,35
Deslize Frontal	LV1	0,32 ± 0,06	0,50 ± 0,08	53,53 ± 5,96	68,30 ± 9,16
	LV2	0,25 ± 0,06	0,35 ± 0,11	49,65 ± 8,08	56,15 ± 5,91
	MAX	0,21 ± 0,04	0,27 ± 0,05	46,38 ± 5,99	50,51 ± 5,41

De acordo com a ANOVA de três fatores para medidas repetidas, os efeitos principais meio ( $p < 0,001$ ), intensidade ( $p < 0,001$ ) e exercício ( $p < 0,001$ ) foram significativos para a  $Fz_{\text{pico}}$ . Além disso, as interações meio\*exercício ( $p = 0,05$ ), meio\*intensidade ( $p < 0,001$ ), exercício\*intensidade ( $p < 0,001$ ) e meio\*exercício\*intensidade ( $p = 0,001$ ) foram significativas, demonstrando que o

comportamento da  $Fz_{\text{pico}}$  é dependente da combinação desses fatores. Portanto, realizou-se um desdobramento com teste F para cada um dos fatores.

Ao analisar o efeito principal meio, a variável  $Fz_{\text{pico}}$  apresentou diferenças estatisticamente significativas para todos os exercícios executados nas diferentes intensidades de esforço. A análise descritiva dos dados pode ser observada na tabela 4. Além disso, para uma melhor compreensão das alterações na Fz que ocorrem entre os meios aquático e terrestre, a Figura 5 apresenta a curva força X tempo para cada exercício em cada intensidade de esforço.

Tabela 4 – Média e desvio-padrão (DP) da força de reação vertical do solo (Fz) para os diferentes exercícios realizados nas cadências correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX) comparando os meios aquático e terrestre.

Exercício	Intensidade	Meio Aquático	Meio Terrestre
		$Fz_{\text{pico}}$ Média ± DP	$Fz_{\text{pico}}$ Média ± DP
Corrida estacionária	LV1	0,87 ± 0,24	1,45 ± 0,21*
	LV2	1,10 ± 0,23	1,91 ± 0,40*
	MAX	1,18 ± 0,21	2,46 ± 0,46*
Chute Frontal	LV1	0,92 ± 0,20	1,45 ± 0,16*
	LV2	1,13 ± 0,19	1,80 ± 0,23*
	MAX	1,16 ± 0,21	2,20 ± 0,37*
Deslize Frontal	LV1	0,71 ± 0,15	1,33 ± 0,09*
	LV2	0,85 ± 0,16	1,53 ± 0,13*
	MAX	0,87 ± 0,20	1,79 ± 0,15*

Nota: \* representa diferença significativa entre os meios ( $p < 0,05$ ).

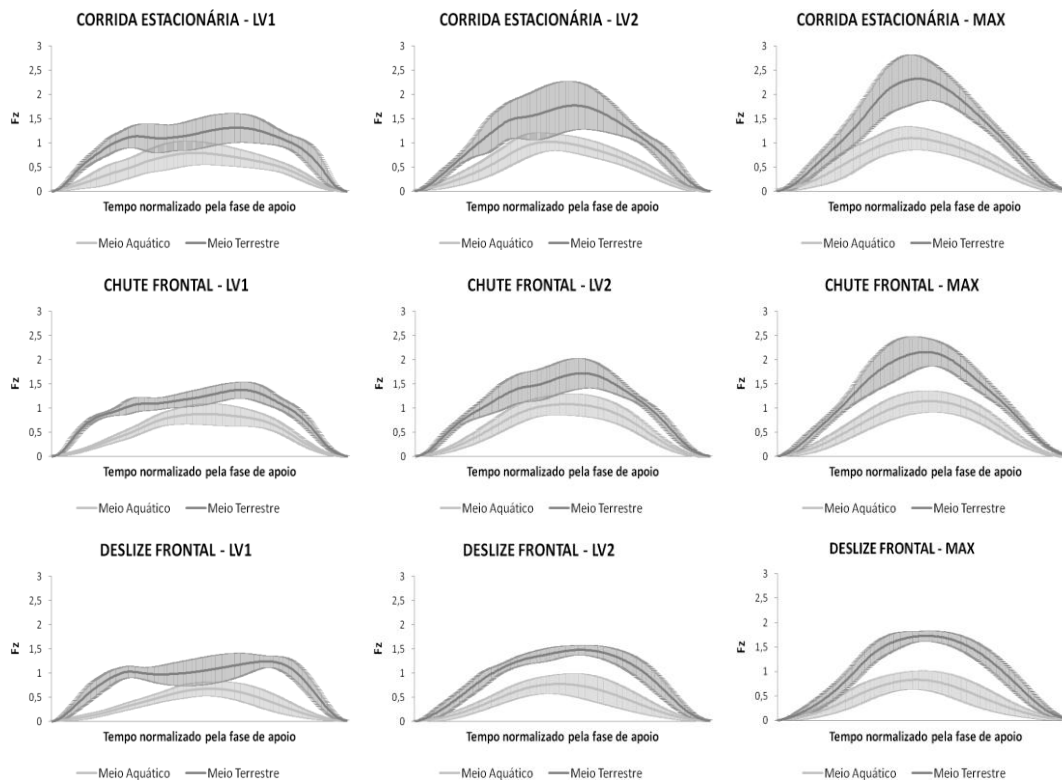


Figura 5 – Curva força X tempo, apresentada através de valores médios  $\pm$  desvios-padrão, para os diferentes exercícios e diferentes intensidades, primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX), realizados nos meios aquático e terrestre.

Ao analisar o efeito principal exercício para o meio aquático, foram observados valores de  $Fz_{pico}$  significativamente menores para DF comparado aos demais exercícios, CE e CF, em todas as intensidades de esforço. Entretanto, para o meio terrestre, o efeito principal exercício de  $Fz_{pico}$  foi dependente da intensidade. Na intensidade correspondente a LV1, não foram observadas diferenças significativas entre os três exercícios; para LV2, os exercício CE e CF apresentaram valores semelhantes de  $Fz_{pico}$ , e significativamente maiores que DF; e para MAX, todos os exercícios apresentaram diferenças significativas de  $Fz_{pico}$ , com valores significativamente maiores para CE, seguido de CF e DF. Esses resultados podem ser observados na Figura 6.

Ao analisar o efeito principal intensidade para o meio aquático, foram observados valores de  $Fz_{pico}$  significativamente menores para LV1 comparada às demais intensidades, LV2 e MAX, para todos os exercícios. Por outro lado, para o meio



terrestre, o efeito principal exercício de  $Fz_{pico}$  apresentou diferenças significativas entre todas as intensidades, com menores valores para LV1, seguido de LV2 e MAX. Esses resultados também podem ser observados na Figura 6.

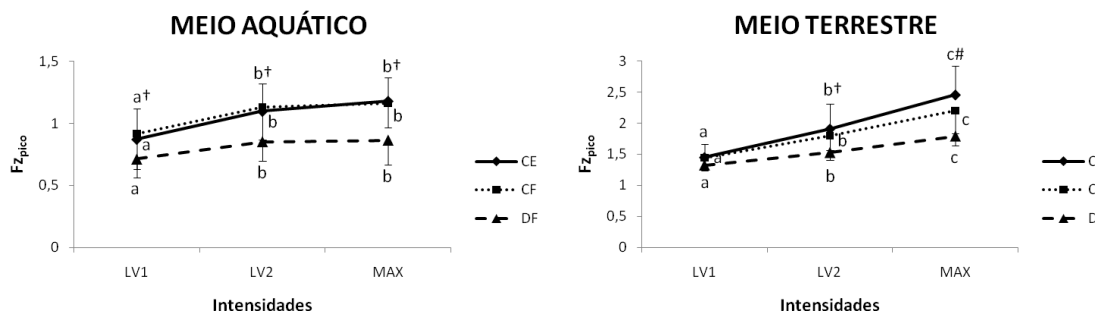


Figura 6 – Respostas de força de reação vertical do solo de pico ( $Fz_{pico}$ ) para os exercícios corrida estacionária (CE), chute frontal (CF) e deslize frontal (DF) executados nas intensidades correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX) nos meios aquático e terrestre.

Nota: Letras diferentes representam diferenças significativas entre as intensidades de esforço ( $p < 0,05$ ); † representa diferença significativa entre DF e os demais exercícios ( $p < 0,05$ ); # representa diferença significativa entre todos os exercícios ( $p < 0,05$ ).

De acordo com a ANOVA de dois fatores para medidas repetidas, os efeitos principais meio ( $p < 0,001$ ) e intensidade ( $p < 0,001$ ) foram significativos para o IMP. Além disso, a interação meio\*intensidade ( $p < 0,001$ ) foi significativa, demonstrando que o ângulo de inclinação do IMP entre as intensidades é dependente do meio em que os exercícios são realizados (Figura 7). Logo, realizou-se um desdobramento com teste F para cada um dos fatores.

Ao analisar o efeito principal meio, a variável IMP apresentou diferenças estatisticamente significativas entre meio aquático e terrestre em todas as intensidades de esforço, para cada um dos exercícios analisados. Ao analisar o efeito principal intensidade, para ambos os meios, foram observadas diferenças significativas nos valores de IMP entre todas as intensidades, com maiores valores para LV1, seguido de LV2 e MAX. Esses resultados também podem ser observados na Figura 7.

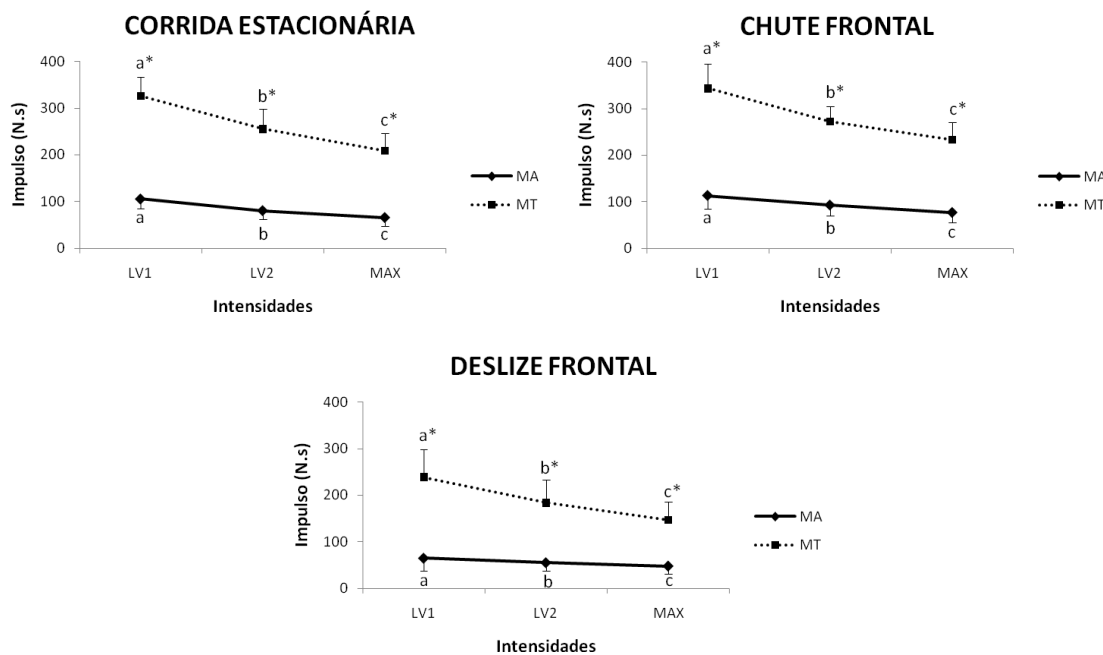


Figura 7 – Respostas de impulso para os diferentes exercícios executados nas intensidades correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX) nos meios aquático (MA) e terrestre (MT).

Nota: Letras diferentes representam diferenças significativas entre as intensidades de esforço ( $p < 0,05$ ); \* representa diferença significativa entre os meios ( $p < 0,05$ ).

#### 4.2.4 DISCUSSÃO

A principal descoberta do presente estudo foi a presença de diferença significativa na  $Fz_{\text{pico}}$  entre o exercício DF e os demais exercícios analisados no meio aquático, corroborando com a nossa hipótese. Além disso, durante a execução dos exercícios, observamos diferença significativa na  $Fz_{\text{pico}}$  e IMP entre todas as cadências para o meio terrestre. Para o meio aquático, diferenças significativas foram observadas entre todas as intensidades para a variável IMP, enquanto para a variável  $Fz_{\text{pico}}$ , somente entre LV1 e as demais intensidades, corroborando parcialmente com a nossa hipótese. Por fim, diferenças significativas foram observadas na  $Fz_{\text{pico}}$  e IMP entre os meios para todos os exercícios e intensidades, corroborando com a nossa hipótese de pesquisa.

Ao analisarmos a diferença entre os meios, os resultados do presente estudo corroboram com a literatura, uma vez que é consenso que as respostas de Fz em imersão

apresentam valores significativamente mais baixos no meio aquático que no meio terrestre (Harrisson et al., 1992; Nakazawa et al., 1994; Krueel, 2000; Miyoshi et al., 2004; Barela et al., 2006; Roesler et al., 2006; Barela & Duarte, 2008; Triplett et al., 2009). Essa redução é decorrente das propriedades físicas da água, uma vez que o corpo imerso sofre os efeitos das forças de flutuação. Esse efeito pode ser observado através da redução do peso hidrostático, que no presente estudo resultou em uma diminuição média de 68,8% na profundidade de processo xifóide, valor semelhante ao encontrado em estudos prévios (Harrisson et al., 1992; Krueel, 1994; Finkelstein et al., 2004; Triplett et al., 2009). Conseqüentemente, durante o exercício, a aceleração com que o corpo toca o solo é modificada, e isso resulta nos valores reduzidos de  $Fz_{\text{pico}}$  e IMP observados, assim como na menor  $Fz$  ao longo de toda a fase de apoio do pé apresentada na Figura 5. Por conseguinte, uma vez que as forças de impacto são atenuadas, especialmente em membros inferiores, esse meio pode ser considerado um ambiente seguro para a prática de exercícios, quando comparados os mesmos exercícios e as mesmas cadências de execução que no meio terrestre.

Ao comparar as intensidades, no meio terrestre, independente do exercício, os valores  $Fz_{\text{pico}}$  foram sempre maiores quanto maior a intensidade de esforço, enquanto os valores de IMP apresentaram resultados antagônicos, isto é, maiores quanto menor a intensidade de esforço. Esse resultado está de acordo com a literatura (Nilsson et al., 1989; Keller et al., 1996; Masani et al., 2002; Chiu & Wang, 2007), que demonstra haver um aumento significativo da  $Fz_{\text{pico}}$  com o aumento da velocidade de execução durante a caminhada e/ou corrida terrestre. Em contraste, com o aumento da velocidade, a duração da fase de apoio diminui, afetando significativamente o IMP, que é representado pela área sob a curva (produto entre  $Fz$  e tempo). No meio aquático, os exercícios realizados na intensidade correspondente a LV1 apresentaram valores de

$Fz_{\text{pico}}$  significativamente menores do que em LV2 e MAX, comportamento esse similar ao do meio terrestre. No entanto, o valor de  $Fz_{\text{pico}}$  não apresentou diferenças significativas entre LV2 e MAX. Esses resultados corroboram parcialmente com os poucos estudos encontrados na literatura que analisaram a Fz em diferentes velocidades de execução no meio aquático (Miyoshi et al., 2004, 2006; Roesler et al., 2006). Miyoshi et al. (2004) analisaram a caminhada aquática em imersão na axila em distintas intensidades auto-selecionadas, lenta, confortável e rápida, e não observaram diferenças significativas nos valores de  $Fz_{\text{pico}}$  entre elas. Roesler et al. (2006) compararam a  $Fz_{\text{pico}}$  na caminhada aquática entre a velocidade lenta, fixada em 40 bpm, e a mais rápida possível, em três profundidades e com os braços dentro e fora da água e também não observaram diferenças significativas entre as intensidades. As diferenças entre os resultados do presente estudo e os estudos da literatura supracitados podem ser atribuídas aos diferentes indicadores de intensidade de esforço utilizados. Quando a intensidade de esforço auto-selecionada é utilizada, é possível que não haja um incremento significativo na velocidade de execução, e conseqüentemente, nos valores de  $Fz_{\text{pico}}$ . Já o presente estudo, de acordo com a literatura pesquisada, parece ser o primeiro a analisar a Fz no meio aquático em intensidades relacionadas aos limiares ventilatórios. Nesse caso, as cadências médias correspondentes a LV1, LV2 e MAX, que representam diferentes rotas metabólicas, geraram diferentes respostas de Fz. No entanto, outro aspecto que chama a atenção é a ausência de diferença significativa na  $Fz_{\text{pico}}$ , assim como a similaridade no padrão da curva de Fz ao longo de toda a fase de apoio do pé (Figura 4), entre as intensidades correspondentes a LV2 e MAX. Esse comportamento parece ser explicado pelas propriedades físicas da água, uma vez que com o aumento da intensidade, ocorre um aumento da Fz devido à necessidade de uma maior força propulsiva para vencer a resistência da água, especialmente em exercícios

com deslocamento horizontal, fato esse observado no presente estudo para o meio aquático na transição de LV1 para as maiores intensidades. No entanto, especialmente nos exercícios CE e CF, o uso de velocidades máximas, a ausência de propulsão horizontal e necessidade de propulsão vertical, faz com que os sujeitos se beneficiem dos efeitos de flutuação e da turbulência proporcionada pela perna contralateral à perna de apoio. Logo, ocorre uma alteração no padrão de apoio dos pés com o incremento da intensidade, que é a transição do total apoio do pé nas intensidades menores, para o apoio na ponta dos pés, nas intensidades maiores, facilitando a execução dos exercícios em altas intensidades e influenciando na aceleração com que os pés tocam o solo. Essa alteração na mecânica da fase de apoio em imersão, com a ausência do apoio do calcanhar na plataforma de força, e fase de apoio apenas propulsiva, isto é,  $F_y$  somente com fase positiva, tem sido documentada na caminhada e corrida aquática (Barela et al., 2006; Hauptenthal et al., 2010). Esses resultados sugerem que o uso de intensidades máximas não incrementa significativamente as forças de reação do solo, e ainda resulta em valores de IMP significativamente menores, logo, podem ser utilizadas com a mesma segurança que a intensidade de LV2.

Sugerimos portanto, que mais estudos sejam realizados analisando diferentes exercícios aquáticos associados às intensidades correspondentes aos limiares ventilatórios para confirmar os resultados apresentados. Esses resultados são de extrema importância para os profissionais que prescrevem essa atividade, uma vez que se o objetivo é amenizar as forças de impacto, intensidades iguais ou menores que aquelas correspondentes ao LV1 devem ser priorizadas. Por outro lado, se o objetivo é trabalhar com altas intensidades, não existe diferença entre a  $F_z$  correspondente ao esforço máximo e ao LV2.

Com relação à comparação entre os exercícios, independente do meio e da intensidade de execução, DF apresentou sempre respostas de  $F_{z_{pico}}$  menores em comparação a CE e CF. Isso deve-se às características de execução dos mesmos, uma vez que os exercícios CE e CF apresentam apoio unipodal, onde todo o peso do corpo se concentra na perna de apoio, e uma fase de voo que produz um maior deslocamento no sentido vertical do centro de massa corporal. Por sua vez, o exercício DF apresenta como característica o apoio bipodal, no qual o peso corporal fica dividido entre os dois membros inferiores. Além disso, esse exercício não apresenta fase de voo, pois a troca da perna de apoio é realizada com o deslize dos membros inferiores sobre o solo, sendo assim, não existe uma oscilação tão grande do centro de massa no sentido vertical.

No meio aquático, o único estudo que realizou tal comparação entre diferentes exercícios, foi o de Krueel (2000), que avaliou cinco exercícios de hidroginástica executados no índice de esforço percebido moderado. Nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os exercícios analisados, no entanto, todos eram executados com apoio unipodal e fase de voo para a troca da perna de apoio e conseqüente transferência de peso. Essa resposta é extremamente importante para a prescrição dos exercícios, pois indica que não é somente o meio que minimiza as forças de impacto, assim como somente a intensidade de esforço utilizada, mas também o tipo de exercício executado.

#### **4.2.5 CONCLUSÃO**

A partir dos resultados apresentados, conclui-se a  $F_{z_{pico}}$  e o IMP apresentaram respostas menores no meio aquático comparado ao meio terrestre para todas as situações. A magnitude da Fz também foi dependente do exercício realizado e da intensidade de execução. Para o meio terrestre, foram observadas diferenças na  $F_{z_{pico}}$  e

no IMP entre todas as intensidades de esforço. Para o meio aquático, diferenças foram observadas entre todas as intensidades para a variável IMP, no entanto, somente entre LV1 e as demais intensidades para a variável  $Fz_{\text{pico}}$ . Além disso, durante o exercício DF no meio aquático, o mesmo apresentou valores menores  $Fz_{\text{pico}}$  que durante a execução dos demais exercícios.

#### **4.2.6 APLICAÇÕES PRÁTICAS**

A partir dos resultados obtidos, sugere-se que a modalidade de hidroginástica pode e deve ser recomendada a indivíduos que precisam amenizar a ação das forças de impacto nos membros inferiores. Cabe salientar, que embora em menor magnitude, existe Fz no meio aquático, e no presente estudo, a mesma variou de 0,71 a 1,18 vezes o peso corporal. Além disso, normalmente os sujeitos realizam os exercícios nesse meio com os pés descalços, indicando que esse impacto é absorvido diretamente pelos membros inferiores. Conseqüentemente é preciso cautela ao prescrever exercícios aquáticos para indivíduos que não podem receber impacto nos membros inferiores, pois dependendo da intensidade e do tipo de exercício executado no meio aquático, a magnitude da Fz pode ser igual à de outros tipos de exercícios realizados no meio terrestre. A partir dos resultados apresentados, se o objetivo for minimizar a Fz, exercícios com as características do deslize frontal e intensidades correspondentes ao LV1 devem ser priorizados. Por outro lado, se o objetivo é trabalhar com altas intensidades, não existe diferença entre a Fz correspondente ao esforço máximo e ao LV2, logo a intensidade máxima pode ser utilizada com a mesma segurança que LV2 e com um impulso total por repetição menor. Portanto, a escolha do tipo de exercício e da intensidade de execução é fundamental para uma prática adequada.

#### 4.2.7 REFERÊNCIAS

1. BARELA, A.M.F.; STOLF, S.F.; DUARTE, M. Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 16:250-256, 2006.
2. BARELA, A.M.F.; DUARTE, M. Biomechanical characteristics of elderly individuals walking on land and in water. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 18:446-454, 2008.
3. BEMBEN, D.A.; SALM, P.C.; SALM, A.J. Ventilatory and blood lactate responses to maximal treadmill exercise during the menstrual cycle. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 35(4):257-262, 1995.
4. CHIU, M.C.; WANG, M.J. The effect of gait speed and gender on perceived exertion, muscle activity, joint motion of lower extremity, ground reaction force and heart rate during normal walking. **Gait & Posture.** 25(3):385-392, 2007.
5. DAVIS, J.A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. **Med. Sci. Sports Med.** 17(1):6-18, 1985.
6. FINKELSTEIN, I.; ALBERTON, C.L.; FIGUEIREDO, P.A.P.; GARCIA, D.R.; TARTARUGA, L.A.P.; KRUEL, L.F.M. Comportamento da frequência cardíaca, pressão arterial e peso hidrostático de gestantes em diferentes profundidades de imersão. **Rev. Bras. Ginecol. Obstet.** 26(9):685-690, 2004.
7. HANSEN, D.; DENDALE, P.; BERGER, J.; MEEUSEN R. Low agreement of ventilatory threshold between training modes in cardiac patients. **Eur. J. Appl. Physiol.** 101:547-554, 2007.
8. HAUPENTHAL, A.; RUSCHEL, C.; HUBERT, M.; de BRITO-FONTANA, H.; ROESLER, H. Loading forces in shallow water running in two levels of immersion. **J. Rehabil. Med.** 42(7):664-669, 2010.
9. HEYWARD, V.H.; STOLARCZYK, L.M. **Applied body composition.** Champaign IL: Human Kinetics, 1996.
10. HUG, F.; LAPLAUD, D.; SAVIN, B.; GRELOT, L. Occurrence of electromyographic and ventilatory thresholds in professional road cyclists. **Eur. J. Appl. Physiol.** 90:643-646, 2003.
11. JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L.; WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. **Med. Sci. Sports Exerc.** 12:175-182, 1980.
12. KELLER, T.S.; WEISBERGER, A.M.; RAY, J.L.; HASAN, S.S.; SHIAMI, R.G.; SPENGLER, D.M. Relationship between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging, and running. **Clin. Biomech.** 11(5):253-259, 1996.
13. KRUEL, L.F.M. **Peso hidrostático e frequência cardíaca em pessoas submetidas a diferentes profundidades de água.** Santa Maria, 1994. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria.
14. KRUEL, L.F.M. **Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água.** Santa Maria, 2000. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.
15. HARRISSON, R. A.; HILLMAN, M.; BULSTRODE, S. Loading of the lower limb when walking partially immersed: Implications for clinical practice. **Physiotherapy.** 78:164-166, 1992.
16. MASANI, K.; KOUZAKI, M.; FUKUNAGA, T. Variability of ground reaction forces during treadmill walking. **J. Appl. Physiol.** 92(5):1885-1890, 2002.



17. MIYOSHI, T.; SHIROTA, T.; YAMAMOTO, S.; NAKAZAWA, K.; AKAI, M. Effect of the walking speed to the lower limb joint angular displacements, joint moments and ground reaction forces during walking in water. **Disabil. Rehabil.** 26(12):724-732, 2004.
18. MIYOSHI, T.; NAKAZAWA, K.; TANIZAKI, M.; SATO, T.; AKAI, M. Altered activation pattern in synergistic ankle plantarflexor muscles in a reduced-gravity environment. **Gait & Posture.** 24:94-99, 2006.
19. NAKAZAWA, K.; YANO, H.; MIYASHITA, M. Ground reaction forces during walking in water. **Med. Sci. Aquatic Sports.** 39:28-34, 1994.
20. NILSSON, J.; THORSTENSSON, A. Ground reaction forces at different speeds of human walking and running. **Acta Physiol. Scand.** 136(2):217-227, 1989.
21. ROESLER, H.; HAUPENTHAL, A.; SCHÜTZ, G.R.; SOUZA, P.V. Dynamometric analysis of the maximum force applied in aquatic human gait at 1.3 m of immersion. **Gait & Posture.** 24(4):412-417, 2006.
22. TRIPLETT, N.T.; COLADO, J.C.; BENAVENT, J.; ALAKHDAR, Y.; MADERA, J.; GONZALEZ, L.M.; TELLA, V. Concentric and impact forces of single-leg jumps in an aquatic environment versus on land. **Med. Sci. Sports Exerc.** 41(9):1790-1796, 2009.
23. 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.

### **4.3 ESTUDO III: Respostas cardiorrespiratórias, neuromusculares e cinéticas em exercícios de hidroginástica realizados em diferentes intensidades de esforço**

#### **RESUMO**

O objetivo do presente estudo foi comparar as respostas de consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ), atividade eletromiográfica (EMG) dos músculos reto femoral (RF), semitendinoso (ST), vasto lateral (VL), porção curta do bíceps femoral (BF), tibial anterior (TA) e gastrocnêmio lateral (GL) e o valor de pico da força de reação vertical do solo ( $Fz_{pico}$ ) de mulheres jovens realizando diferentes exercícios de hidroginástica em diferentes intensidades. Doze mulheres jovens ( $23,8 \pm 2,2$  anos;  $162,1 \pm 5,6$  cm;  $58,3 \pm 5,5$  kg) realizaram o protocolo experimental, que consistia na execução dos três exercícios de hidroginástica (corrida estacionária (CE), chute frontal (CF), deslize frontal (DF)) em três intensidades de esforço correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX), em ordem randomizada. As intensidades foram previamente obtidas a partir da realização de testes máximos nos exercícios de hidroginástica supracitados. Um analisador de gases (VO2000), um eletromiógrafo (Miotool400) e uma plataforma de força subaquática (AMTI) foram utilizados para medir o  $\dot{V}O_2$ , o sinal EMG e a  $Fz_{pico}$ , respectivamente. ANOVA de dois fatores para medidas repetidas foi utilizada, com post hoc de Bonferroni ( $\alpha = 0,05$ ). Valores semelhantes de  $\dot{V}O_2$  foram observados entre os exercícios e diferenças significativas ( $p < 0,001$ ) foram encontradas entre as intensidades LV1 e LV2. Para o

sinal EMG, valores significativamente maiores de atividade muscular do RF ( $p=0,002$ ), ST ( $p=0,034$ ), VL ( $p=0,003$ ), BF ( $p=0,004$ ) e GL ( $p=0,013$ ) foram observados para CF e menores para CE, ao contrário do músculo TA, que apresentou respostas significativamente maiores ( $p=0,011$ ) para o DF comparado aos demais exercícios. Além disso, diferenças significativas entre as intensidades foram observadas para todos os grupos musculares ( $p<0,001$ ). Analizando a  $Fz_{\text{pico}}$ , diferenças significativas foram encontradas entre LV1 e as maiores intensidades ( $p=0,001$ ) e valores significativamente mais baixos foram observados para DF comparado aos demais exercícios ( $p<0,001$ ). Logo, sugere-se que exercícios com características similares ao DF devem ser priorizados quando o objetivo for atenuar a ação da  $Fz_{\text{pico}}$ , sendo importante salientar que esse exercício apresenta uma intensa atividade neuromuscular em todos os músculos analisados, com exceção do GL. Além disso, com o aumento da intensidade, maiores respostas cardiorrespiratórias e atividade EMG foram observadas, porém, sem aumento significativo nos valores de  $Fz_{\text{pico}}$  entre as intensidades LV2 para a MAX. Por outro lado, quando o objetivo for minimizar a ativação muscular, a CE é recomendada, uma vez que pode ser utilizada durante a hidroginástica com similar intensidade cardiorrespiratória que os demais exercícios avaliados, todavia com uma menor atividade EMG nos músculos de membros inferiores analisados.

**Palavras-chave:** consumo de oxigênio; atividade eletromiográfica; força de reação vertical do solo; imersão.

#### 4.3.1 INTRODUÇÃO

As respostas cardiorrespiratórias, em especial o consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ), são amplamente abordadas em investigações desenvolvidas com exercícios aquáticos. Entre

esses exercícios destacam-se as pesquisas em cicloergômetros submersos (Christie et al., 1990; Connely et al., 1990; Pantoja et al., 2006; Finkelstein et al., 2009), corrida em piscina funda (Town & Bradley, 1991; Svedenhag & Seger, 1992; Frangolias & Rhodes, 1995; Nakanishi et al., 1999a; Tiggemann et al., 2007; Oliveira et al., 2011), caminhada e corrida aquática (Shono et al., 2000; Pohl & McNaughton, 2003; Silvers et al., 2007, Dolbow et al., 2008; Masumoto et al., 2009) e exercícios de hidroginástica (Cassady & Nielsen, 1992; Krueel, 2000; Alberton et al., 2007b, 2009, 2011a,b; Pinto et al., 2006, 2008, 2011; Barbosa et al., 2007; Raffaelli et al., 2010). Todavia, em relação a exercícios de hidroginástica, são escassos os estudos que abordem a realização de testes máximos e a determinação dos limiares ventilatórios nessa modalidade (Darby & Yaekle, 2000; Antunes et al., 2009; Kanitz et al., 2009). Conseqüentemente há uma lacuna de dados na literatura relacionados às respostas neuromusculares e cinéticas em exercícios de hidroginástica relacionados às intensidades de primeiro (LV1) e segundo (LV2) limiares ventilatórios.

As respostas neuromusculares estão sendo cada vez mais investigadas em exercícios aquáticos na posição vertical, no entanto, os estudos realizados nessa área utilizam como indicadores de intensidade velocidades auto-selecionadas ou velocidades e cadências fixas. Pesquisas foram desenvolvidas com o objetivo de avaliar as respostas neuromusculares da caminhada aquática (Masumoto et al., 2004, 2007b, 2008; Miyoshi et al., 2004, 2006; Barela et al., 2006; Chevutschi et al., 2007; Shono et al., 2007), da corrida em piscina funda (Kaneda et al., 2007, 2008, 2009), de exercícios localizados (Kelly et al., 2000; Pöyhönen et al., 2001a,b; Müller et al., 2005; Alberton et al., 2006; Black et al., 2006) e de exercícios isométricos (Pöyhönen et al., 1999; Rainoldi et al., 2004; Veneziano et al., 2006; Alberton et al., 2008a; Kalpakcioglu et al., 2009; Carvalho et al., 2010; Pinto et al., 2010; Silvers & Dolny, 2011). Recentemente, nosso

grupo de pesquisa tem realizado estudos envolvendo a análise das respostas neuromusculares de exercícios de hidroginástica aeróbicos (Alberton et al., 2011a; Pinto et al., 2011), que objetivaram comparar as respostas de atividade EMG de músculos dos membros inferiores e superiores entre os meios aquático e terrestre, entre diferentes cadências de execução, e com ou sem o uso de equipamentos. Todavia, não foram abordados na literatura estudos que analisassem e comparassem a ativação EMG de determinados músculos entre diferentes exercícios aeróbicos de hidroginástica.

No que se refere às forças de reação do solo (FRS) em imersão no meio líquido, as mesmas têm despertado recentemente o interesse dos pesquisadores. A grande maioria dos estudos investigou as FRS, em especial o componente vertical ( $F_z$ ), durante a caminhada aquática (Harrisson et al., 1992; Nakazawa et al., 1994; Miyoshi et al., 2004, 2006; Barela et al., 2006; Roesler et al., 2006; Haupenthal et al., 2010) e apenas um estudo foi encontrado com tal análise em exercícios de hidroginástica (Kruel, 2000). O estudo de Kruel (2000) comparou a  $F_z$  de cinco exercícios de hidroginástica, e não foram observadas diferenças significativas no valor de pico da  $F_z$  ( $F_{z\text{pico}}$ ) entre os distintos exercícios na profundidade de imersão de ombros. É importante salientar que nesse estudo todos os exercícios apresentavam características similares, ou seja, execução com apoio unipodal e fase de voo para a troca da perna de apoio. Porém, apenas uma intensidade foi analisada, cujo ritmo de execução foi baseado no índice de esforço percebido moderado.

Uma vez que as respostas neuromusculares e forças de impacto são fundamentais para uma melhor prescrição dos exercícios aquáticos, e que o controle das respostas cardiorrespiratórias é fundamental para uma adequada comparação dessas variáveis, o comportamento simultâneo desses parâmetros deve ser mais bem investigado. Portanto, o objetivo do presente estudo foi comparar as respostas de  $\dot{V}O_2$ ,

EMG e Fz de mulheres jovens realizando diferentes exercícios de hidroginástica nas intensidades correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), ao segundo limiar ventilatório (LV2) e ao máximo esforço (MAX). Tem-se como hipótese de pesquisa que as respostas de EMG e  $Fz_{\text{pico}}$  seriam diferentes entre os exercícios, com semelhantes valores de  $\dot{V}O_2$ . Além disso, hipotetizava-se que todas as variáveis apresentassem diferenças significativas entre as intensidades de esforço.

#### 4.3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

*Amostra.* A amostra do presente estudo foi composta por 12 mulheres jovens, ativas voluntárias, com idade entre 21 e 29 anos, cuja caracterização está apresentada na Tabela 1. Os critérios de inclusão da amostra foram ser ambientada ao meio líquido, apresentar um ciclo menstrual regular e um percentual de gordura entre 22,5 e 32,5%; por outro lado, os critérios de exclusão foram ser atleta, fumante, tomar alguma medicação (com exceção de contraceptivo) e apresentar doenças musculoesqueléticas, osteoarticulares, cardíacas ou pulmonares, diagnosticadas através de uma anamnese. Todas 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 2008097 (ANEXO B).

Tabela 1 – Caracterização da amostra.

	<b>Média ± DP</b>
<b>Idade (anos)</b>	23,8 ± 2,2
<b>Estatura (cm)</b>	162,1 ± 5,6
<b>Massa corporal (kg)</b>	58,3 ± 5,5
<b>Peso hidrostático (N)</b>	179,2 ± 34,9
<b>%PH (%)</b>	68,6 ± 4,0
<b>%G (%)</b>	27,1 ± 3,4

Nota: %PH – redução do peso hidrostático; %G – % gordura corporal.

*Caracterização da amostra.* Uma sessão inicial foi realizada no Laboratório de Pesquisa do Exercício da Instituição com o objetivo de preencher uma ficha de dados individuais e uma anamnese. Além disso, foram coletados os dados de massa corporal e estatura através de uma balança de alavanca (FILIZOLA; São Paulo, Brasil), com resolução de 100 g e um estadiômetro acoplado, com resolução de 1 mm, respectivamente. Após, foram medidas as dobras cutâneas triceptal, subescapular, peitoral, axilar-média, supra-ílica, abdominal e coxa com um plicômetro (LANGE, Cambridge Scientific Instruments, Cambridge, Reino Unido), com resolução de 1 mm. A partir desses dados foi estimada a densidade corporal utilizando-se o protocolo de dobras cutâneas proposto por Jackson et al. (1980) e foi estimada a composição corporal por meio da fórmula de Siri *apud* Heyward & Stolarczyk (1996). Todos os testes foram realizados entre o oitavo e o vigésimo dia após a data do início da última menstruação, a fim de controlar o período hormonal (Bemben et al., 1995).

*Familiarização.* Em uma segunda sessão, os indivíduos compareceram ao Centro Natatório da Instituição para a familiarização. Os sujeitos entraram na piscina e realizaram os três exercícios de hidroginástica selecionados em cadências progressivas. Nesse momento, os exercícios foram demonstrados e todos os detalhes de execução e amplitude de movimento foram explicados.

*Testes máximos.* Foram realizadas três sessões de testes progressivos máximos aquáticos, uma para cada exercício, a fim de determinar as cadências correspondentes a LV1 e LV2. Essas sessões de testes foram realizadas em dias distintos, com intervalo mínimo de 48 h e ordem randomizada. A intensidade de cada protocolo foi determinada por um metrônomo digital (MA-30, KORG, Japão), com amplitude de 40 a 208 bpm, e resolução de 1 bpm. Cada protocolo consistiu na execução de um dos exercícios de hidroginástica em um ritmo de execução inicial de 85 bpm durante 2 min e posteriores

incrementos de 15 bpm a cada minuto, com a mensuração das variáveis cardiorrespiratórias através de um analisador de gases a cada 10 s. Todos os testes foram executados em uma piscina com dimensões de 16 m X 9 m e variação de profundidade de 0,95 m a 1,3 m. Para todos os testes, a temperatura da água foi mantida entre 30 e 31°C e a profundidade de imersão oscilou entre processo xifóide e ombros durante a execução dos exercícios.

A seguir, foram determinados os limiares ventilatórios e as cadências individuais correspondentes aos mesmos, que, por conseguinte, foram utilizadas para o protocolo experimental. O LV1 foi calculado através do método V-slope (Wasserman et al., 1973) e o LV2 foi determinado através do segundo ponto de inflexão da curva de ventilação (Hansen et al., 2007). Além disso, para confirmação dos dados, o LV1 e o LV2 foram determinados através dos equivalentes ventilatórios de O<sub>2</sub> ( $\dot{V}_e/\dot{V}O_2$ ) e de CO<sub>2</sub> ( $\dot{V}_e/\dot{V}CO_2$ ), respectivamente (Davis, 1985). Dois fisiologistas experientes e independentes detectaram por inspeção visual os limiares de acordo com os critérios previamente descritos. Se eles não concordassem, a opinião de um terceiro fisiologista era incluída (Hug et al., 2003).

*Procedimento experimental.* Uma sessão correspondente ao protocolo experimental foi realizada com a finalidade de coletar as variáveis dependentes. Essa sessão teve início com a preparação dos sujeitos. Primeiramente, os pelos foram removidos das superfícies musculares de interesse, e a seguir, foi realizada a limpeza e abrasão da pele com algodão umedecido em álcool para o posterior posicionamento dos eletrodos (DeLuca, 1997). Esse procedimento foi realizado a fim de retirar as células mortas e diminuir a impedância da pele. A seguir, foram posicionados os eletrodos em configuração bipolar sobre os músculos reto femoral (RF), vasto lateral (VL), semitendinoso (ST), porção curta do bíceps femoral (BF), tibial anterior (TA) e



gastrocnêmio lateral (GL). Eletrodos monopolares (Mini Medi-Trace 100, Kendall Ag/AgCl; Tyco, Estados Unidos), com 10 mm de raio de área condutiva e 15 mm de raio total, foram posicionados, com uma distância intereletrodos de 30 mm sobre o ventre muscular de cada um dos músculos supracitados de acordo com as recomendações do SENIAN (2010). O nível de resistência intereletrodos, considerado adequado abaixo de 3000 ohms, foi medido com um multímetro digital (DT-830B, SMART). O eletrodo de referência foi posicionado na face anterior da clavícula. A seguir, foi realizado o procedimento de isolamento a fim de evitar a interferência de artefatos no sinal devido à entrada e contato da água com os eletrodos (Rainoldi et al., 2004). Para tanto, adesivos oclusivos (Tegaderm, 3M; St. Paul, Minnesota, Estados Unidos) foram posicionados sobre os eletrodos, de acordo com os métodos descritos por Alberton et al. (2011a) e Pinto et al. (2010). Cola de silicone foi utilizada no ponto de saída dos cabos (seca por aproximadamente 1 h) a fim de prevenir a entrada de água nesse ponto. Os cabos e pré-amplificadores a prova d'água foram fixados com fita adesiva, e uma calça de suplex foi vestida para mantê-los fixos. Estudos prévios observaram que esses procedimentos de isolamento não interferem no sinal EMG (Alberton et al. 2008a; Carvalho et al. 2010). Além disso, marcadores refletivos foram posicionados no trocânter maior do fêmur, epicôndilo lateral femoral e maléolo lateral para a filmagem a fim de determinar a posição do segmento coxa e perna ao longo do tempo para o alinhamento e posterior recorte do sinal EMG. Todos os procedimentos foram realizados pelo mesmo pesquisador e podem ser visualizados na Figura 1.

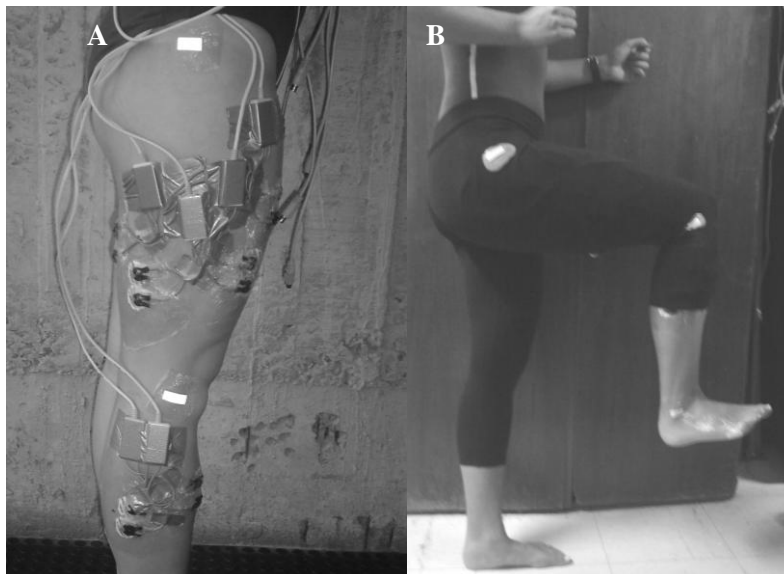


Figura 1 – Isolamento dos eletrodos (A) e posicionamento dos marcadores refletivos (B).

O protocolo teve início com a execução de uma contração voluntária isométrica máxima (CVM), com a mensuração do sinal EMG dos músculos RF, ST, VL, BF, TA e GL, e da força muscular dos grupos musculares flexores (FQ) e extensores (EQ) do quadril, extensores (EJ) e flexores (FJ) do joelho e flexores dorsais (FDT) e plantares (FPT) do tornozelo, respectivamente. Uma CVM para cada grupo muscular foi realizada durante 5 s no meio terrestre antes e após o protocolo experimental. Os valores do sinal EMG durante a CVM pré-exercício foram utilizados para a posterior normalização do sinal EMG. Os valores do sinal EMG durante a CVM pós-exercício foram utilizados para verificar as possíveis mudanças no estado fisiológico dos músculos analisados e/ou a interferência da água ao final da sessão.

Todos os ângulos durante a execução da CVM foram medidos com um goniômetro (CARCI; São Paulo, Brasil) e todos os segmentos corporais foram mantidos e fixados perpendicularmente à parte superior ou inferior de uma gaiola de aço através uma cinta não elástica conectada a uma célula de carga acoplada a uma corrente, conforme Figura 2. Para os grupos musculares de FQ, EQ, FDT e FPT, os sujeitos

permaneceram sentados com os joelhos e quadris flexionados a 90° e a parte posterior do tronco e quadris apoiados. Para FQ e EQ, a coxa direita foi fixada à gaiola através da cinta mantida na porção distal, 3 cm acima da fossa poplítea. Para FDT e FPT, o pé direito foi fixado a gaiola através da cinta mantida na porção distal, 1 cm acima do quinto metatarso. Para os grupos musculares FJ e EJ, os sujeitos foram mantidos de pé, com a parte anterior do tronco apoiada, e o joelho direito flexionado a 90°. A perna direita foi fixada à gaiola através da cinta mantida na porção distal, 10 cm acima do calcanhar.



Figura 2 – Exemplo de contração voluntária máxima isométrica de flexores de quadril.

Após esse procedimento, foi mensurado o  $\dot{V}O_2$  de repouso. Inicialmente, o sujeito permanecia em decúbito dorsal em repouso por 10 min. Após esse período, o sujeito posicionava-se na posição ortostática, e o  $\dot{V}O_2$  era coletado por 3 min. Imediatamente após, o sujeito entrava na piscina, mantendo-se na posição ortostática

imerso na profundidade de processo xifóide, e o  $\dot{V}O_2$  era novamente coletado por mais 3 min.

Em seguida, o sujeito se posicionava sobre a plataforma, com os braços relaxados para a medida do peso hidrostático no meio aquático. A seguir realizava o protocolo experimental, que consistia na execução dos três exercícios de hidroginástica nas três intensidades selecionadas. Nas situações submáximas, executadas nas cadências correspondentes a LV1 e LV2, os exercícios foram realizados durante 4 min, sendo as variáveis  $\dot{V}O_2$ , EMG e Fz medidas a partir do terceiro minuto. Nas situações de máximo esforço, executadas em cadências máximas auto-selecionadas, os exercícios foram realizados durante 15 s, sendo mensuradas apenas as variáveis de EMG e Fz. Um intervalo de 5 min foi respeitado entre as intensidades; além disso, um intervalo mínimo de 15 min foi mantido entre os exercícios. Ao final do intervalo entre os exercícios, o  $\dot{V}O_2$  de repouso foi mensurado durante 3 min, a fim de verificar se o mesmo havia retornado aos valores pré-exercício. Caso esses valores não tivessem retornado, um período maior de repouso com a mensuração dessa variável seria realizado, fato esse que não ocorreu para nenhum dos sujeitos. Tanto a ordem dos exercícios como das intensidades foi randomizada. A sequência do protocolo é ilustrada no desenho esquemático da Figura 3.

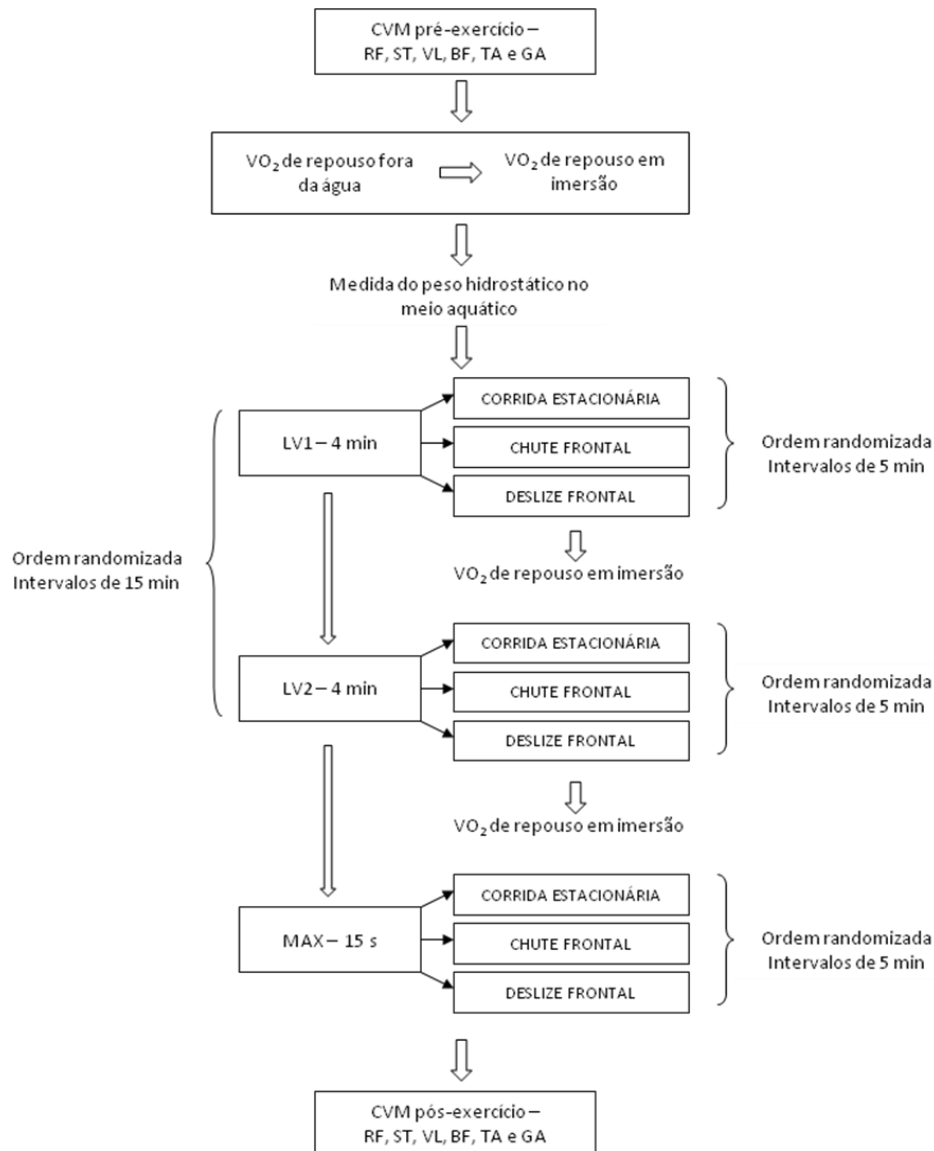


Figura 3 – Desenho esquemático do protocolo de coleta de dados.

Os três exercícios aquáticos selecionados, corrida estacionária, chute frontal e deslize frontal, apresentados na Figura 4, são amplamente utilizados nas aulas de hidroginástica e apresentam em comum o deslocamento dos membros inferiores no sentido ântero-posterior e a ativação dos grupos musculares de flexores e extensores do quadril, flexores e extensores do joelho e flexores plantares e dorsais do tornozelo. Os três exercícios são realizados em duas fases, cada uma realizada em 1 bpm e correspondente a fase de apoio de um dos membros inferiores.

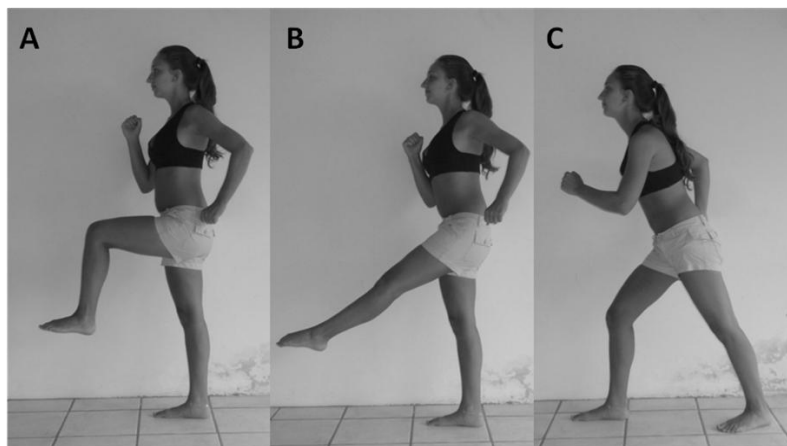


Figura 4 – Exercícios aquáticos: Corrida estacionária (A), Chute frontal (B) e Deslize frontal (C).

- Corrida estacionária (CE, Figura 4A): Esse exercício apresenta como característica o apoio unipodal e uma fase de voo, onde ocorre a troca de apoio entre os pés direito e esquerdo. A primeira fase do exercício consiste na flexão do quadril e do joelho direitos até  $90^\circ$  (fase de voo). A segunda fase consiste na extensão do quadril e do joelho direitos, mantendo sempre o tornozelo na posição neutra (fase de apoio). Os membros inferiores realizam o mesmo movimento alternadamente, sendo que a Fz é coletada apenas para o membro inferior direito.

- Chute frontal (CF, Figura 4B): Esse exercício apresenta como característica o apoio unipodal e uma fase de voo, onde ocorre a troca de apoio entre os pés direito e esquerdo. A primeira fase do exercício consiste na flexão do quadril até  $45^\circ$ , flexão (decorrente da resistência da água) seguida de extensão do joelho e flexão plantar do tornozelo direitos (fase de voo). A segunda fase consiste na extensão do quadril, flexão inicial seguida de extensão do joelho e flexão dorsal do tornozelo até a posição inicial (fase de apoio). Os membros inferiores realizam o mesmo movimento alternadamente, sendo que a Fz é coletada apenas para o membro inferior direito.

- Deslize frontal (DF, Figura 4C): Esse exercício apresenta como característica o apoio bipodal, não existindo uma fase de voo já que a troca de apoio é realizada

deslizando os pés no solo. Nesse exercício, a posição inicial é em pé, com o corpo inclinado para frente. A primeira fase do exercício consiste na flexão do quadril direito até  $60^\circ$  com uma semi-flexão do joelho a fim de manter o apoio total do pé no solo (fase de apoio). A segunda fase consiste na extensão do quadril e do joelho e flexão dorsal do tornozelo direitos, mantendo o apoio do pé no solo (fase de voo ausente). Os membros inferiores realizam o mesmo movimento alternadamente, mantendo um alinhamento corporal da coluna vertebral com membro inferior que está estendido. A Fz é coletada apenas para o membro inferior direito, e embora esse exercício apresente apoio bipodal, a finalização da segunda fase (fase de voo ausente) ocorre com o apoio do pé fora da plataforma.

Em todos os exercícios, os ombros realizaram um leve movimento de flexão e extensão dos ombros, um em cada fase, mantendo os cotovelos flexionados a aproximadamente  $90^\circ$ . Os membros inferiores e superiores realizaram os movimentos de forma alternada, para dar equilíbrio durante o movimento. A fim de controlar a amplitude de movimento de cada exercício, fitas tape foram fixadas em barras laterais apoiadas no fundo da piscina, conforme ilustração da Figura 5. Essas fitas delimitavam os ângulos de flexão do quadril em  $90^\circ$  para a CE, flexão do quadril em  $45^\circ$  para o CF e flexão do quadril em  $60^\circ$  para o DF.



Figura 5 – Exemplo de controle da amplitude de movimento.

Para a análise do  $\dot{V}O_2$ , tanto nos testes máximos como no protocolo experimental, utilizou-se um analisador de gases portátil do tipo caixa de mistura (VO2000, MedGraphics; Ann Arbor, Estados Unidos). O mesmo foi acoplado a um pneumotacógrafo de fluxo baixo (2 a 30 l.min<sup>-1</sup>) para as coletas em repouso e de fluxo médio (10 a 120 l.min<sup>-1</sup>) para as coletas em exercício, que por sua vez foi acoplado a uma máscara de neoprene ajustada individualmente de forma a evitar qualquer escape de ar. O equipamento foi previamente calibrado de acordo com as especificações do fabricante. A taxa de amostragem selecionada foi de uma amostra a cada 10 s. Os dados foram transmitidos para um *notebook* pessoal, através do *software* Aerograph.

Para a avaliação da FRS, utilizou-se uma plataforma de força subaquática (OR6-WP, AMTI, Watertown, Estados Unidos) com capacidade de até 8900 N para Fz. Sua sensibilidade para Fz é de 0,08  $\mu\text{V}/[\text{V.N}]$  e variação de temperatura de trabalho útil de -17 a 52°C. Utilizou-se uma frequência de amostragem de 2000 Hz. Os dados foram transmitidos para um computador, através do *software* AMTIForce.

Para a avaliação da força máxima durante a CVM utilizou-se uma célula de carga (MIOTEC, Porto Alegre, Brasil), com capacidade de 200 Kg. Sua sensibilidade é de  $2 \pm 10\%$ , erro combinado menor que 0,03% e variação de temperatura de trabalho útil de -5 a 60°C. Essa célula foi calibrada previamente a cada coleta, de acordo com as especificações do fabricante. Os dados foram transmitidos para um *notebook* pessoal, através do *software* Miograph.

Para a avaliação do sinal EMG, foram utilizados dois eletromiógrafos acoplados, de quatro canais e 14 bits cada (Miotool400, MIOTEC, Porto Alegre, Brasil), com um modo comum de rejeição <110 dB. Utilizou-se uma frequência de amostragem de 2000 Hz para cada canal. O filtro de hardware é de 0,1 Hz a 1000 Hz, arquitetura Butterworth



com dois pólos. Os dados foram transmitidos para um *notebook* pessoal, através do *software* Miograph.

A fim de alinhar os dados do eletromiógrafo, da plataforma de força e da filmagem, um *trigger* foi utilizado, no qual um sinal luminoso era aceso para a filmagem juntamente com um sinal visual em um canal do eletromiógrafo e início automático da plataforma de força.

Para a filmagem, utilizou-se uma filmadora de alta-definição a prova d'água (VPC-WH1, SANYO, Osaka, Japão). Os vídeos foram gravados em um cartão de memória SD-HC com capacidade de 16 Gb. Utilizou-se uma frequência de amostragem de 30 Hz (1280 X 720 pixels). A filmadora foi posicionada dentro da água, no plano sagital dos sujeitos, a 5 m de distância. A mesma foi fixada em uma estrutura externa posicionada na borda da piscina.

#### *Tratamento dos dados.*

$\dot{V}O_2$ : Em repouso, realizou-se uma média dos valores de  $\dot{V}O_2$  coletados durante os 3 minutos em cada situação. Durante o exercício nas intensidades correspondentes a LV1 e LV2, realizou-se uma média dos valores de  $\dot{V}O_2$  coletados do terceiro ao quarto minuto, correspondentes ao seu estado estável. O  $\dot{V}O_2$  não foi analisado durante a intensidade correspondente a MAX devido a sua curta duração (15 s). A seguir, esse valor também foi expresso como %  $\dot{V}O_{2\max}$ , sendo o valor de cada intensidade (LV1 e LV2) relativo ao  $\dot{V}O_{2\max}$  obtido no teste máximo do seu exercício correspondente.

Força muscular: O sinal de força obtido durante a CVM pré e pós-exercício para cada grupo muscular foi registrado no software Miograph, e posteriormente, exportado para o software SAD32 (Laboratório de Medidas Mecânicas, Universidade federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre, Brasil). O sinal foi inicialmente filtrado com um filtro

passa-baixa Butterworth, com frequência de corte de 8 Hz e ordem 3. Para cada grupo muscular (FQ, EQ, EJ, FJ, FDT e FPT) realizou-se um recorte de 2 s para a posterior análise e alinhamento do sinal EMG, no qual os valores de produção de força fossem estáveis, e desse recorte foi obtido o valor médio correspondente.

EMG: O sinal EMG captado pelo eletromiógrafo foi registrado no software Miograph, e posteriormente, exportado para o software SAD32. O sinal obtido tanto na CVM como durante o exercício foi inicialmente filtrado com um filtro passa-banda Butterworth com frequência de corte entre 20 e 500 Hz e ordem 3. Para os valores do sinal EMG durante a CVM pré e pós-exercício realizou-se um recorte de 2 s, alinhado ao recorte de produção de força, do qual foi obtido o valor *root mean square* (RMS) correspondente. Para os valores do sinal EMG em exercício, realizou-se um recorte das primeiras 10 repetições registradas. Esse recorte foi baseado na filmagem e seu correspondente alinhamento com o eletromiógrafo. Foi obtido o valor RMS correspondente a cada recorte e a seguir, foi realizada uma média das 10 repetições. Esse valor médio foi normalizado e expresso como percentual da CVM (%CVM).

Filmagem: Os vídeos, gravados em formato \*.MP4 foram convertidos em formato \*.avi através do software Any Video Converter versão 3.0.1. A seguir, os pontos refletivos correspondentes às primeiras 10 repetições, a partir do sinal luminoso, foram digitalizados no software DVIDEOW (Laboratório de Biomecânica & Instituto de Computação, UNICAMP; Campinas, Brasil). Os frames correspondentes ao início e final de cada repetição completa (fase de apoio e fase de voo), foram considerados para o posterior recorte do sinal EMG. Para os recortes, considerou-se o início da fase de apoio do pé sobre a plataforma como o frame inicial correspondente a cada repetição. A seguir, os frames foram convertidos em tempo no software Excel. A partir da duração

de cada uma das repetições obteve-se também a frequência de execução, apresentada em Hz.

FRS: A partir da relação entre as variáveis peso corporal (PC) e peso hidrostático (PH), medidas em Newton, nos meios terrestre e aquático, respectivamente, obteve-se o percentual de redução do PH (%PH). O sinal da FRS captado pela plataforma de força foi registrado no software AMTIForce, e posteriormente, exportado para o software SAD32. Inicialmente, realizou-se a separação dos canais, para a análise do componente Fz. A seguir, realizou-se a filtragem digital do sinal, utilizando-se o filtro passa-baixa Butterworth, com frequência de corte de 10 Hz e ordem 3. Foram determinados os valores de  $Fz_{\text{pico}}$  das 5 repetições centrais (3ª a 7ª repetição) de cada exercício em cada intensidade, das quais obteve-se um valor médio. Os valores de  $Fz_{\text{pico}}$  foram relativizados pelo PC medido no meio terrestre, e são apresentados em unidades de PC no meio terrestre.

*Análise estatística.* Para analisar os dados coletados, utilizou-se estatística descritiva, com os dados apresentados através de média  $\pm$  desvio-padrão (DP). O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para a análise da normalidade dos dados. Para comparar os valores do sinal EMG e produção de força entre os momentos pré e pós-exercício, utilizou-se um teste t pareado. Para comparar os valores de  $\dot{V}O_2$  de repouso entre as diferentes situações, utilizou-se uma ANOVA para medidas repetidas. A fim de analisar a Fz e o sinal EMG, comparando exercícios e intensidades de esforço, utilizou-se uma ANOVA de dois fatores (3 X 3) para medidas repetidas. Da mesma forma, para a análise do  $\dot{V}O_2$  e do  $\% \dot{V}O_{2\text{max}}$  utilizou-se uma ANOVA de dois fatores (3 X 2) para medidas repetidas. Para todas as análises utilizou-se o teste complementar de Bonferroni

para a localização das diferenças significativas. O índice de significância adotado foi de  $\alpha = 0,05$  e os dados foram processados no pacote estatístico SPSS versão 14.0.

### 4.3.3 RESULTADOS

Os resultados da comparação da variável  $\dot{V}O_2$  de repouso entre as diferentes situações de repouso são apresentados na Tabela 2. A análise estatística demonstra que não houve diferença significativa no  $\dot{V}O_2$  entre as situações pré-protocolo fora da água e pré-protocolo em imersão, assim como dessas situações para as duas situações de repouso mensuradas nos intervalos de repouso entre as intensidades. Esses resultados indicam que o repouso entre as intensidades foi suficiente para que as variáveis cardiorrespiratórias retornassem aos valores pré-protocolo, e assim os sujeitos iniciaram todas as intensidades do protocolo com níveis similares de respostas cardiorrespiratórias de repouso, sugerindo que a magnitude das alterações durante o exercício pode ser atribuída ao esforço realizado durante sua execução.

Tabela 2 – Média, desvio-padrão (DP) e valor de  $p$  do consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) de repouso nas situações pré-protocolo (PRÉ), imersão pré-protocolo (PRÉ-IM), imersão repouso 1 (REP1-IM) e imersão repouso 2 (REP2-IM).

	$\dot{V}O_2$ (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )		$p$
	Média	DP	
<b>PRÉ</b>	3,75	± 0,65	0,230
<b>PRÉ-IM</b>	3,94	± 0,55	
<b>REP1-IM</b>	3,57	± 0,67	
<b>REP2-IM</b>	3,82	± 0,88	

Da mesma forma, o sinal EMG dos músculos RF, ST, VL, BF, TA e GL e a força muscular dos grupos musculares FQ, EQ, EJ, FJ, FDT e FPT foram comparadas entre os momentos pré e pós-protocolo experimental. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, não houve diferença significativa entre as duas situações para

nenhuma das variáveis analisadas. Esses resultados indicam que o protocolo experimental não provocou alterações significativas na amplitude do sinal EMG e que os sujeitos foram capazes de manter os mesmos níveis de produção de força iniciais.

Tabela 3 – Média, desvio-padrão (DP) e valor de *p* da força muscular dos grupos musculares flexores (FQ) e extensores (EQ) do quadril, extensores (EJ) e flexores (FJ) do joelho e flexores dorsais (FDT) e plantares (FPT) do tornozelo e do sinal eletromiográfico dos músculos reto femoral (RF), semitendinoso (ST), vasto lateral (VL), porção curta do bíceps femoral (BF), tibial anterior (TA) e gastrocnêmio lateral (GL) durante contração voluntária máxima (CVM) realizada nos momentos pré e pós-protocolo experimental.

		CVM pré-protocolo		CVM pós-protocolo		<i>p</i>
		Média	DP	Média	DP	
<b>Força muscular</b>	<b>FQ (N)</b>	38,55	± 19,52	36,49	± 17,85	0,752
	<b>EQ (N)</b>	134,89	± 50,62	133,42	± 56,21	0,898
	<b>EJ (N)</b>	100,55	± 66,02	99,77	± 53,66	0,969
	<b>FJ (N)</b>	47,28	± 27,27	46,79	± 33,16	0,943
	<b>FDT (N)</b>	28,74	± 19,52	27,08	± 17,56	0,819
	<b>FPT (N)</b>	106,24	± 53,27	92,41	± 71,32	0,400
<b>Sinal eletromiográfico</b>	<b>RF (µV)</b>	155,62	± 71,37	142,29	± 70,12	0,101
	<b>ST (µV)</b>	191,70	± 54,86	186,19	± 44,15	0,618
	<b>VL (µV)</b>	146,79	± 64,08	139,38	± 79,61	0,694
	<b>BF (µV)</b>	239,2	± 34,83	225,54	± 35,11	0,346
	<b>TA (µV)</b>	353,5	± 138,49	311,30	± 139,48	0,248
	<b>GL (µV)</b>	175,00	± 88,68	144,42	± 89,96	0,103

A análise descritiva da frequência de execução dos exercícios nas intensidades avaliadas seguir é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 – Média, desvio-padrão (DP), valores mínimos e máximos da frequência de execução dos diferentes exercícios realizados nas cadências correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX).

Exercício	Intensidade	Frequência (Hz)			
		Média	DP	Mínimo	Máximo
<b>Corrida estacionária</b>	<b>LV1</b>	0,84	± 0,09	0,75	1,00
	<b>LV2</b>	1,11	± 0,12	0,91	1,26
	<b>MAX</b>	1,57	± 0,20	1,30	1,90
<b>Chute Frontal</b>	<b>LV1</b>	0,81	± 0,05	0,74	0,92
	<b>LV2</b>	1,02	± 0,12	0,82	1,24
	<b>MAX</b>	1,35	± 0,09	1,20	1,48
<b>Deslize Frontal</b>	<b>LV1</b>	0,81	± 0,06	0,74	0,92
	<b>LV2</b>	1,05	± 0,12	0,91	1,26
	<b>MAX</b>	1,37	± 0,08	1,24	1,50

De acordo com a ANOVA de dois fatores para medidas repetidas, tanto para a variável  $\dot{V}O_2$  como para  $\% \dot{V}O_{2\max}$ , o efeito principal intensidade ( $\dot{V}O_2$ :  $p < 0,001$ ;  $\% \dot{V}O_{2\max}$ :  $p < 0,001$ ) foi significativo, enquanto o efeito exercício ( $\dot{V}O_2$ :  $p = 0,162$ ;  $\% \dot{V}O_{2\max}$ :  $p = 0,353$ ) não apresentou diferenças significativas. Além disso, a interação intensidade\*exercício não foi significativa para nenhuma das variáveis ( $\dot{V}O_2$ :  $p = 0,794$ ;  $\% \dot{V}O_{2\max}$ :  $p = 0,713$ ) demonstrando que o comportamento das variáveis cardiorrespiratórias entre os exercícios é independente da intensidade. Os resultados são apresentados na Figura 6. Logo, a partir desses resultados pode-se concluir que os três exercícios de hidroginástica foram realizados na mesma intensidade fisiológica.

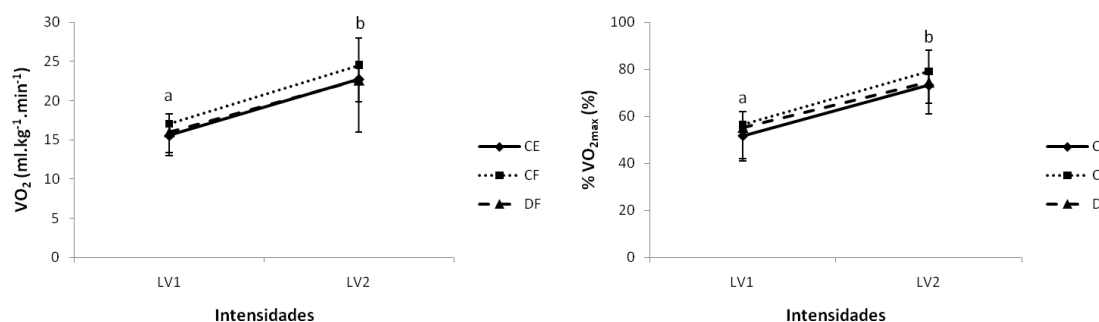


Figura 6 – Respostas de consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ) e percentual do consumo de oxigênio máximo ( $\% \dot{V}O_{2\max}$ ) para os exercícios corrida estacionária (CE), chute frontal (CF) e deslize frontal (DF) executados nas intensidades correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1) e segundo limiar ventilatório (LV2).

Nota: Letras diferentes representam diferenças significativas entre as intensidades de esforço ( $p < 0,05$ ).

De acordo com a ANOVA de dois fatores para medidas repetidas, a variável sinal EMG apresentou tanto o efeito principal intensidade (RF:  $p < 0,001$ ; ST:  $p < 0,001$ ; VL:  $p < 0,001$ ; BF:  $p < 0,001$ ; TA:  $p < 0,001$ ; GL:  $p = 0,001$ ) quanto o efeito principal exercício (RF:  $p = 0,002$ ; ST:  $p = 0,034$ ; VL:  $p = 0,003$ ; BF:  $p = 0,004$ ; TA:  $p = 0,011$ ; GL:  $p = 0,013$ ) significativos para todos os grupos musculares analisados. Além disso, a interação intensidade\*exercício não foi significativa para o sinal EMG de nenhum

grupo muscular (RF:  $p=0,484$ ; ST:  $p=0,408$ ; VL:  $p=0,270$ ; BF:  $p=0,147$ ; TA:  $p=0,644$ ; GL:  $p=0,355$ ), demonstrando que o comportamento do sinal EMG entre os exercícios é independente da intensidade. Os resultados são apresentados na Figura 7.

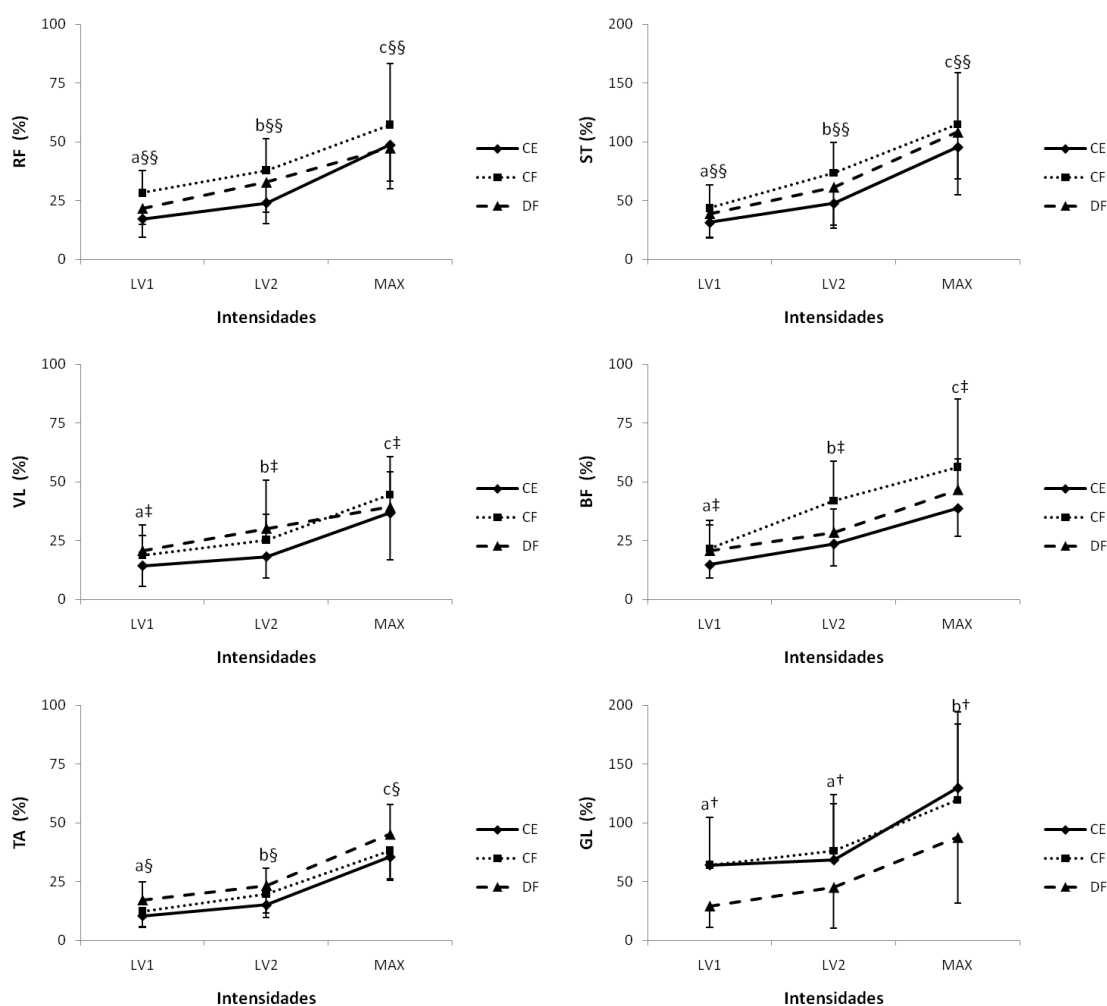


Figura 7 – Respostas de sinal eletromiográfico dos músculos reto femoral (RF), semitendinoso (ST), vasto lateral (VL), porção curta do bíceps femoral (BF), tibial anterior (TA) e gastrocnêmio lateral (GL) para os exercícios corrida estacionária (CE), chute frontal (CF) e deslize frontal (DF) executados nas intensidades correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX).

Nota: Letras diferentes representam diferenças significativas entre as intensidades de esforço ( $p < 0,05$ ). §§ representa diferença significativa entre CF e CE ( $p < 0,05$ ). † representa diferença significativa entre CE e os demais exercícios ( $p < 0,05$ ). § representa diferença significativa entre os exercícios CE e DF ( $p < 0,05$ ). ‡ representa diferença significativa entre o exercício DF e os demais exercícios ( $p < 0,05$ ).

A partir desses resultados pode-se concluir que, ocorre um aumento significativo no sinal EMG de todos os grupos musculares analisados com o aumento da intensidade

de esforço, exceto entre as intensidades LV1 e LV2 para o GL. Além disso, a diferença entre os exercícios depende do grupo muscular analisado. Para os músculos RF e ST, o sinal EMG apresentou diferenças significativas apenas entre CE e CF, enquanto para os músculos VL e BF, diferenças significativas entre CE e os demais exercícios foram observadas, com valores significativamente menores para o exercício CE. Para o TA, diferenças significativas foram observadas entre DF e CE, com valores significativamente maiores para DF, enquanto para o GL, diferenças significativas foram observadas entre DF e os demais exercícios, com valores significativamente menores para o DF.

De acordo com a ANOVA de dois fatores para medidas repetidas, para a variável  $Fz_{\text{pico}}$ , tanto o efeito principal intensidade ( $p=0,001$ ), como o efeito principal exercício ( $p<0,001$ ) foram significativos. Além disso, a interação intensidade\*exercício não foi significativa ( $p=0,136$ ) demonstrando que o comportamento da Fz entre os exercícios é independente da intensidade. Os resultados são apresentados na Figura 8.

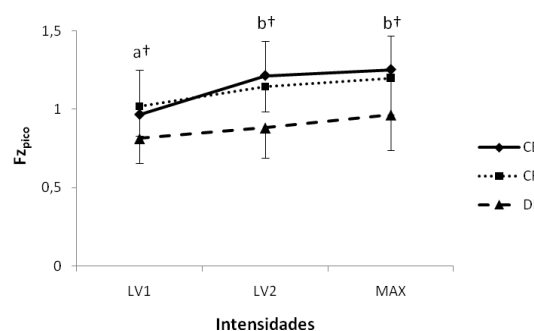


Figura 8 – Respostas do valor de pico da força de reação do solo vertical ( $Fz_{\text{pico}}$ ) para os exercícios corrida estacionária (CE), chute frontal (CF) e deslize frontal (DF) executados nas intensidades correspondentes ao primeiro limiar ventilatório (LV1), segundo limiar ventilatório (LV2) e máximo esforço (MAX).

Nota: Letras diferentes representam diferenças significativas entre as intensidades de esforço ( $p<0,05$ ). † representa diferença significativa entre o exercício DF e os demais exercícios ( $p<0,05$ ).



A partir desses resultados pode-se concluir que os três exercícios de hidroginástica apresentam um aumento significativo do valor de  $Fz_{\text{pico}}$  da intensidade correspondente a LV1 para as demais intensidades, sem diferenças significativas entre LV2 e MAX. Além disso, o exercício DF apresenta valores de  $Fz_{\text{pico}}$  significativamente menores que os exercícios CE e CF.

#### 4.3.4 DISCUSSÃO

A principal descoberta do presente estudo foi a presença de diferença significativa na  $Fz_{\text{pico}}$  entre o exercício DF e os demais exercícios analisados, assim como a diferença no sinal EMG entre os exercícios para todos os músculos analisados, de acordo com a função muscular e com o movimento executado, corroborando com a nossa hipótese. Além disso, foram observados aumentos significativos no  $\dot{V}O_2$  e na amplitude do sinal EMG para todos os grupos musculares analisados com o incremento da intensidade de esforço, também indo ao encontro da nossa hipótese. Para a variável  $Fz_{\text{pico}}$ , aumentos significativos foram observados somente da intensidade correspondente a LV1 para as demais intensidades, corroborando parcialmente com a nossa hipótese.

Ao comparar as intensidades de esforço, todos os exercícios analisados apresentaram diferenças significativas nas respostas de  $\dot{V}O_2$  e  $\% \dot{V}O_{2\text{max}}$  entre LV1 e LV2. O aumento nessas respostas cardiorrespiratórias é decorrente do aumento da velocidade de execução no meio aquático, uma vez que, de acordo com a equação geral dos fluídos, a velocidade é elevada ao quadrado e diretamente proporcional a resistência ao avanço (Alexander, 1977). Da mesma forma, todos os grupos musculares analisados, RF, ST, VL, BF e TA, apresentaram um aumento significativo no sinal EMG com o

aumento de LV1 para LV2, e desse para MAX, exceto o GL, que somente apresentou diferença significativa entre a intensidade máxima e as submáximas. Esses resultados corroboram com estudos prévios que observaram um aumento significativo na amplitude do sinal EMG de músculos de membros inferiores, membros superiores e abdominais (Kelly et al., 2000; Müller et al., 2005; Black et al., 2006; Alberton et al., 2011a) ao comparar intensidades submáximas e máximas. No entanto, ao contrário de estudos anteriores, que não observaram aumento significativo no sinal EMG entre cadências fixas submáximas (Black et al., 2006; Alberton et al., 2011a), o presente estudo observou tais diferenças, uma vez que as cadências utilizadas foram correspondentes aos limiares ventilatórios determinados nos respectivos exercícios. Essas diferenças entre os estudos podem ser atribuídas às cadências fixas pré-selecionadas nos estudos supracitados e as cadências correspondentes a LV1 e LV2 utilizadas no presente estudo. No estudo desenvolvido por Black et al. (2006), o exercício flexão até 45° e extensão de quadril foi executado nas cadências submáximas de 40, 60 e 80 bpm, enquanto no estudo de Alberton et al. (2011a), o exercício corrida estacionária foi realizado nas cadências submáximas de 60, 80 e 100 bpm. No presente estudo, as cadências correspondentes a LV1 foram de  $102,5 \pm 12,2$  bpm para CE,  $97,5 \pm 6,2$  bpm para CF e  $97,5 \pm 6,2$  para DF, enquanto aquelas correspondentes a LV2 foram de  $135,0 \pm 15,1$  bpm para CE,  $123,3 \pm 12,3$  bpm para CF e de  $127,5 \pm 13,6$  bpm para DF. Conseqüentemente, nos estudos anteriormente desenvolvidos, provavelmente as cadências utilizadas foram iguais ou inferiores ao LV1, logo, estímulos maiores que LV1 ou iguais a LV2 não foram analisados. A literatura tem apresentado uma relação entre os limiares ventilatórios e os limiares neuromusculares de músculos dos membros inferiores em exercícios terrestres (Lucía et al., 1999; Hug et al., 2003). Portanto, com o aumento da intensidade, assim como ocorre com a ventilação, a partir de LV1, e

especialmente após LV2, ocorre um aumento não-linear na amplitude do sinal EMG (Lucía et al., 1999; Hug et al., 2003), fator que pode explicar as diferenças significativas no sinal EMG entre as três intensidades avaliadas no presente estudo.

No entanto, ao analisar a  $Fz_{pico}$ , os exercícios realizados na intensidade correspondente a LV1 apresentaram valores significativamente menores que as demais intensidades, sem diferenças significativas entre LV2 e MAX. O aumento na  $Fz_{pico}$  resultante da comparação entre LV1 e as demais intensidades segue o padrão de comportamento dos estudos desenvolvidos no meio terrestre, como a caminhada e/ou a corrida terrestre, que demonstram haver um aumento significativo da  $Fz_{pico}$  com o aumento da velocidade (Nilsson et al., 1989; Keller et al., 1996; Chiu & Wang, 2007). Já, a ausência de diferença na  $Fz_{pico}$  entre LV2 e MAX corrobora com os poucos estudos encontrados na literatura que analisaram a  $Fz$  em diferentes velocidades de execução no meio aquático (Miyoshi et al., 2004, 2006; Roesler et al., 2006). Esse comportamento parece ser explicado pelas propriedades físicas da água. No presente estudo, com o aumento da intensidade de LV1 para LV2, ocorreu um aumento da  $Fz_{pico}$  devido à necessidade de uma maior força propulsiva para vencer a resistência da água. No entanto, com o uso de velocidades máximas, a ausência de propulsão horizontal e necessidade de propulsão vertical faz com que os sujeitos se beneficiem dos efeitos de flutuação e turbulência provocada pela perna contralateral à perna de apoio. O aumento da frequência de execução, que proporciona uma redução no tempo da fase de apoio (Miyoshi et al., 2006), associado às forças de flutuação e turbulência proporcionam uma alteração no padrão de apoio dos pés dos sujeitos, que é a transição do total apoio do pé nas intensidades menores, para o apoio na ponta dos pés nas intensidades maiores, facilitando a execução dos exercícios em altas intensidades e influenciando na aceleração com que os pés tocam o solo. As diferenças no padrão de comportamento

com a aumento da intensidade entre o presente estudo e os estudos da literatura aquática supracitados podem ser atribuídas aos diferentes exercícios (caminhada com deslocamento horizontal *versus* exercícios estacionários com deslocamento vertical) e indicadores de intensidade utilizados, uma vez que o presente estudo, parece ser o primeiro a analisar as respostas neuromusculares e FRS em intensidades relacionadas aos limiares ventilatórios.

Ao comparar os exercícios, para as duas intensidades analisadas não foram apresentadas diferenças significativas nas respostas de  $\dot{V}O_2$  e  $\% \dot{V}O_{2\max}$  entre CE, CF e DF. Portanto, os sujeitos realizaram os exercícios na mesma intensidade fisiológica e as diferenças na amplitude do sinal EMG e na  $Fz_{\text{pico}}$  foram causadas pelas características cinesiológicas dos mesmos. Os exercícios CF e DF apresentam em comum, os movimentos de flexão e extensão do quadril com os joelhos estendidos durante a execução de uma repetição completa, ao contrário do exercício CE, que realiza esses movimentos com a simultânea flexão e extensão do joelho, respectivamente. Dessa forma, a área projetada contra o fluxo de água é maior para CF e DF e, conseqüentemente, maior é a resistência ao avanço, uma vez que a área projetada é diretamente proporcional a ela (Alexander, 1977). Para vencer essa maior resistência, já que a intensidade fisiológica dos exercícios foi controlada, os músculos RF e ST, que são responsáveis pela flexão e extensão do quadril, respectivamente, foram exigidos em maior magnitude. Da mesma forma, esses exercícios também apresentaram um maior sinal EMG dos músculos VL e porção curta do BF, pois embora com restrito movimento na articulação do joelho, os mesmos foram ativados para manter o joelho em isometria, já que os segmentos coxa e perna se movimentavam contra a resistência da água. Em contraste, o exercício CE, ainda que execute dinamicamente a flexão e a extensão do joelho em maior amplitude, é assistido pelo empuxo e favorecido pela ação

da turbulência da água em ambas as fases, já que a flexão do joelho ocorre na subida (flexão do quadril) e a extensão do mesmo ocorre na descida (extensão do quadril). A partir desses resultados, podemos concluir que, quando comparado aos exercícios CF e DF, o exercício CE apresenta uma economia neuromuscular nos músculos responsáveis pela flexão e extensão do quadril e joelho. A economia neuromuscular pode ser definida como a menor ativação muscular, representada pela amplitude do sinal EMG, necessária para realizar a mesma carga absoluta (Cadore et al., 2011a,b). Logo, o exercício CE pode ser utilizado nas aulas de hidroginástica com a mesma intensidade cardiorrespiratória que os demais, todavia, provavelmente induzindo a uma menor fadiga periférica.

Por outro lado, ao analisarmos os demais músculos avaliados, TA e GL, um comportamento distinto foi observado. O exercício DF é realizado com o tornozelo em flexão dorsal ao longo de toda a repetição, devido a ausência de fase de voo e uso do deslize para a transferência de apoio de um membro inferior para o outro. Logo, esse exercício é executado mantendo o TA encurtado e o GL alongado ao longo de toda a repetição, conseqüentemente, ele apresenta a amplitude do sinal EMG significativamente maior para o músculo TA, e significativamente menor para o músculo GL. Em contraste ao DF, os exercícios CE e CF apresentam como característica a divisão em fase de apoio e de voo. Dessa forma, durante a fase de apoio, esses exercícios requerem o músculo GL para auxiliar a propulsão vertical, apresentando uma maior atividade EMG dessa musculatura. Na fase de voo, o exercício CE mantém o tornozelo na posição neutra e o CF mantém o tornozelo em flexão plantar, acrescentando mais um fator para ativar mais a musculatura do GL e menos a musculatura do TA.

Ao analisar a  $Fz_{\text{pico}}$ , independente da intensidade de execução, o exercício DF apresentou sempre respostas menores em comparação a CE e CF, comportamento esse causado pelas diferentes características de execução dos mesmos. O exercício DF apresenta como característica distinta aos demais, o apoio bipodal, no qual o peso corporal fica dividido entre os dois membros inferiores. Além disso, esse exercício não apresenta fase de voo, pois a troca da perna de apoio é realizada com o deslize dos membros inferiores sobre o solo. Sendo assim, não existe uma oscilação tão grande do centro de massa no sentido vertical, e a aceleração com que o corpo toca o solo é conseqüentemente atenuada. Já ambos os exercícios CE e CF apresentam apoio unipodal, no qual todo o peso do corpo se concentra na perna de apoio. Apresentam também uma fase de voo que produz um maior deslocamento no sentido vertical do centro de massa corporal, aumentando a aceleração com que o corpo toca o solo. Esses achados são novos na literatura, uma vez que apenas um estudo foi encontrado realizando tal comparação entre distintos exercícios (Kruel, 2000). Na pesquisa desenvolvida por Kruel (2000), a  $Fz_{\text{pico}}$  de cinco exercícios de hidroginástica foi avaliada em apenas uma intensidade, correspondente ao índice de esforço percebido moderado, e não foram observadas diferenças significativas entre os exercícios. Os resultados do presente estudo corroboram parcialmente com o estudo supracitado, uma vez que CE e CF apresentaram resultados semelhantes. No entanto, cabe salientar que a ausência de diferença entre os cinco exercícios analisados no estudo de Kruel (2000) se deve às características similares de execução dos mesmos, como o apoio unipodal e fase de voo para a troca da perna de apoio.

#### 4.3.5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados, conclui-se que a intensidade correspondente a LV1 apresentou respostas cardiorrespiratórias, neuromusculares e cinéticas menores para todos os exercícios de hidroginástica analisados. Por outro lado, o uso da intensidade máxima produziu aumento na atividade neuromuscular de todos os músculos analisados, sem o incremento das forças de reação do solo quando essa intensidade é comparada a LV2, podendo, portanto, ser utilizada com a mesma segurança que a intensidade intermediária. O exercício DF foi o que apresentou respostas menores de  $Fz_{\text{pico}}$  comparadas aos demais, porém com uma intensa atividade neuromuscular para todos os músculos analisados, exceto GL. Por outro lado, o exercício CE, apresentou uma  $Fz_{\text{pico}}$  maior que DF e similar a CF, mas uma atividade EMG menor para a mesma intensidade de esforço.

#### 4.3.6 APLICAÇÕES PRÁTICAS

A partir dos resultados obtidos, sugere-se que a escolha do exercício e da intensidade de esforço é fundamental para a prescrição da modalidade de hidroginástica. Portanto, se o objetivo for minimizar a  $Fz_{\text{pico}}$ , exercícios com as características do deslize frontal devem ser priorizados. No entanto, se o objetivo for minimizar a ativação muscular de membros inferiores, e dar ênfase em membros superiores, por exemplo, sugere-se o uso do exercício CE. Além disso, intensidades correspondentes ao LV1 devem ser utilizadas quando o objetivo for amenizar a ação das forças de impacto nos membros inferiores. Todavia, uma vez que não existe diferença na  $Fz_{\text{pico}}$  entre as demais

intensidades, a intensidade máxima pode ser utilizada com a mesma segurança que LV2, e com uma ativação EMG maior para todos os grupos musculares analisados.

#### 4.3.7 REFERÊNCIAS

1. ALBERTON, C.L.; BLACK, G.L.; VENDRUSCULO, A.P.; BRENTANO, M.A.; BORGES JR., N.G.; KRUEL, L.F.M. Muscle activation in water exercise: Agonist and antagonist action with or without resistive equipment. In: VILAS-BOAS, J.P.; ALVES, F.; MARQUES, A.S. (Eds). Xth International Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming. **Port. J. Sport Sci.** 6(Suppl.1):71, 2006.
2. ALBERTON, C.L.; OLKOSKI, M.M.; BECKER, M.E.; PINTO, S.S.; KRUEL, L.F.M. Cardiorespiratory responses of postmenopausal women to different water exercises. **Int. J. Aquat. Res. Educ.** 1:363-372, 2007b.
3. ALBERTON, C.L.; SILVA, E.M.; CADORE, E.L.; COERTJENS, M.; BEYER, P.O.; MAROCCO, L.F.; KRUEL, L.F.M. Respostas eletromiográficas induzidas pelo isolamento e pela imersão sobre os eletrodos de superfície. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 8(3):330-336, 2008a.
4. ALBERTON, C.L.; TARTARUGA, M.P.; PINTO, S.S.; CADORE, E.L.; SILVA, E.M.; KRUEL, L.F.M. Cardiorespiratory responses to stationary running at different cadences in water and on land. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 49:142-151, 2009.
5. ALBERTON, C.L.; CADORE, E.L.; PINTO, S.S.; TARTARUGA, M.P.; SILVA, E.M.; KRUEL, L.F.M. Cardiorespiratory, neuromuscular and kinematic responses to stationary running performed in water and on dry land. **Eur. J. Appl. Physiol.** 111(6):1157-66, 2011a.
6. ALBERTON, C.L.; ANTUNES, A.H.; PINTO, S.S.; TARTARUGA, M.P.; SILVA, E.M.; CADORE, E.L.; KRUEL, L.F. Correlation between rating of perceived exertion and physiological variables during the execution of stationary running in water at different cadences. **J. Strength Cond. Res.** 25(1):155-162, 2011b.
7. ALEXANDER, R. **Mechanics and energetics of animal locomotion.** In: ALEXANDER, R.; GOLDSPIK, G., editors. Swimming. London: Chapman & Hall; 1977. p. 222-248.
8. ANTUNES, A. H.; ALBERTON, C. L.; BEILKE, D. D.; PINTO, S. S.; KANITZ, A. C.; TARTARUGA, M. P.; KRUEL, L. F. M. Determinação das respostas cardiorrespiratórias máximas e correspondentes aos limiares ventilatórios de três exercícios de hidroginástica em mulheres jovens. In: **Anais do XXI Salão de Iniciação Científica da UFRGS.** Porto Alegre, 2009.
9. BARBOSA, T.M.; GARRIDO, M.F.; BRAGADA, J. Physiological adaptations to head-out aquatic exercises with different levels of body immersion. **J. Strength Cond. Res.** 21(4):1255-1259. 2007.
10. BARELA, A.M.F.; STOLF, S.F.; DUARTE, M. Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 16:250-256, 2006.



11. BEMBEN, D.A.; SALM, P.C.; SALM, A.J. Ventilatory and blood lactate responses to maximal treadmill exercise during the menstrual cycle. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 35(4):257-262, 1995.
12. BLACK, G.L.; MÜLLER, E.; TARTARUGA, M.P.; BRENTANO, M.A.; FIGUEIREDO, P.A.P.; KRUEL, L.F.M. Electromyography in aquatic exercise with different resistances and velocities. In: VILAS-BOAS, J.P.; ALVES, F.; MARQUES, A.S. (Eds). Xth International Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming. **Port. J. Sport Sci.** 6(Suppl.1):75, 2006.
13. 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, 2011a.
14. CADORE, E.L.; PINTO, R.S.; PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; CORREA, C.S.; TARTARUGA, M.P.; SILVA, E.M.; ALMEIDA, A.P.V.; TRINDADE, G.T.; 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, 2011b.
15. CASSADY, S.L.; NIELSEN, D.H. Cardiorespiratory responses of healthy subjects to calisthenics performed on land versus in water. **Phys. Ther.** 75:532-538, 1992.
16. CARVALHO, R.G.S.; AMORIM, C.F.; PERÁCIO, L.H.R.; COELHO, H.F.; VIEIRA, A.C.; MENZEL, H.J.K.; SZMUCHROWSKI, L.A. Analysis of various conditions in order to measure electromyography of isometric contractions in water and on air. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 20:988-993, 2010.
17. CHEVUTSCHI, A.; LENSEL, G.; VAAST, D.; THEVENON, A. An electromyographic study of human gait both in water and on dry ground. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 26(4):467-473, 2007.
18. CHIU, M.C.; WANG, M.J. The effect of gait speed and gender on perceived exertion, muscle activity, joint motion of lower extremity, ground reaction force and heart rate during normal walking. **Gait & Posture.** 25(3):385-392, 2007.
19. CHRISTIE, J.L.; SHELDAL, L.M.; TRISTANI, F.E.; WANN, L.S.; SAGAR, K.B.; LEVANDOSKI, S.G.; PTACIN, M.J.; SOBOCINSKY, K.A.; MORRIS, R.D. Cardiovascular regulation during head-out water immersion exercise. **J. Appl. Physiol.** 69(2):657-664, 1990.
20. CONNELLY, T.P.; SHELDAL, L.M.; TRISTANI, F.E.; LEVANDOSKY, S.G.; KALKHOFF, R.K.; HOFFMAN, M.D.; KALBFLEISH, J.H. Effect of increased central blood volume with water immersion on plasma catecholamines during exercise. **J. Appl. Physiol.** 69(2):651-656, 1990.
21. DARBY, L.A.; YAEKLE, B.C. Physiological responses during two types of exercise performed on land and in the water. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 40(4):303-311, 2000.
22. DAVIS, J.A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. **Med. Sci. Sports Med.** 17(1):6-18, 1985.
23. DeLUCA, C.J. The use of surface electromyography in biomechanics. **J. Appl. Biomec.** 13:135-163, 1997.
24. DOLBOW, D.R.; FARLEY, R.S.; KIM, J.K.; CAPUTO, J.L. Oxygen Consumption, Heart Rate, Rating of Perceived Exertion, and Systolic Blood Pressure With Water Treadmill Walking. **J. Aging Phys. Act.** 16:14-23, 2008.
25. FINKELSTEIN, I.; BGEKINSKI, R.; FIGUEIREDO, P.A.P.; ALBERTON, C.L.; STEIN, R.; KRUEL, L.F.M. Comparação das respostas pressóricas e do consumo

- de oxigênio de gestantes e não gestantes, em exercício contínuo e progressivo, nos meios terra e água. **Rev. Bras. Med.** 66(6):174-177, 2009.
26. FRANGOLIAS, D.D; RHODES, E.C. Maximal and ventilatory threshold responses to treadmill and water immersion running. **Med. Sci. Sports Exerc.** 27(7):1007-1013, 1995.
  27. HANSEN, D.; DENDALE, P.; BERGER, J.; MEEUSEN R. Low agreement of ventilatory threshold between training modes in cardiac patients. **Eur. J. Appl. Physiol.** 101:547-554, 2007.
  28. HARRISSON, R. A.; HILLMAN, M.; BULSTRODE, S. Loading of the lower limb when walking partially immersed: Implications for clinical practice. **Physiotherapy.** 78:164-166, 1992.
  29. HAUPENTHAL, A.; RUSCHEL, C.; HUBERT, M.; de BRITO-FONTANA, H.; ROESLER, H. Loading forces in shallow water running in two levels of immersion. **J. Rehabil. Med.** 42(7):664-669, 2010.
  30. HEYWARD, V.H.; STOLARCZYK, L.M. **Applied body composition.** Champaign IL: Human Kinetics, 1996.
  31. HUG, F.; LAPLAUD, D.; SAVIN, B.; GRELOT, L. Occurrence of electromyographic and ventilatory thresholds in professional road cyclists. **Eur. J. Appl. Physiol.** 90:643-646, 2003.
  32. JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L.; WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. **Med. Sci. Sports Exerc.** 12:175-182, 1980.
  33. LUCÍA, A.; SÁNCHEZ, O.; CARVAJAL, A.; CHICHARRO, J.L. Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography. **Br. J. Sports Med.** 33:178-185, 1999.
  34. KALPAKCIOGLU, B.; CANDIR, F.; BERNATECK, M.; GUTENBRUNNER, C.; FISCHER, M.J. Does local immersion in thermo-neutral bath influence surface EMG measurements? Results of an experimental trial. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 19:e550-e553, 2009.
  35. KANEDA, K.; WAKABAYASHI, H.; SATO, D.; NOMURA, T. Lower extremity muscle activity during different types and speeds of underwater movement. **J. Physiol. Anthropol.** 26(2): 197-200, 2007.
  36. KANEDA, K.; WAKABAYASHI, H.; SATO, D.; UEKUSA, T.; NOMURA, T. Lower extremity muscle activity during deep-water running on self-determined pace. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 18:965-972, 2008.
  37. KANEDA, K.; SATO, D.; WAKABAYASHI, H.; NOMURA, T. EMG activity of hip and trunk muscles during deep-water running. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 19:1064-1070, 2009.
  38. KANITZ, A. C.; ANTUNES, A. H.; BEILKE, D. D.; ALBERTON, C. L.; SILVA, E. M.; PINTO, S. S.; KRUEL, L. F. M. Comparação das respostas cardiorrespiratórias máximas e no limiar anaeróbico no exercício de corrida estacionária. In: **Anais do XXI Salão de Iniciação Científica da UFRGS.** Porto Alegre, 2009.
  39. KELLER, T.S.; WEISBERGER, A.M.; RAY, J.L.; HASAN, S.S.; SHIAMI, R.G.; SPENGLER, D.M. Relationship between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging, and running. **Clin. Biomech.** 11(5):253-259, 1996.
  40. KELLY, B.T.; ROSKIN, L.A.; KIRKENDALL, D.T.; SPEER, K.P. Shoulder muscle activation during aquatic and dry land exercises in nonimpaired subjects. **J. Orthop. Sports Phys. Ther.** 30(4):204-210, 2000.

41. KRUEL, L.F.M. **Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água.** Santa Maria, 2000. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.
42. MASUMOTO, K.; TAKASUGI, S.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K.; IWAMOTO, Y. Electromyographic analysis of walking in water in healthy humans. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci.** 23(4):119-127, 2004.
43. MASUMOTO, K.; SHONO, T.; TAKASUGI, S.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K.; IWAMOTO, Y. Age-related differences in muscle activity, stride frequency and heart rate response during walking in water. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 17:596-604, 2007b.
44. MASUMOTO, K.; SHONO, T.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K. Muscle activation, cardiorespiratory response, and rating of perceived exertion in older subjects while walking in water and on dry land. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 18:581-590, 2008.
45. MASUMOTO, K.; HAMADA, A.; TOMONAGA, H.; KODAMA, K.; AMAMOTO, Y.; NISHIZAKI, Y.; HOTTA, N. Physiological and perceptual responses to backward and forward treadmill walking in water. **Gait & Posture.** 29:199-203, 2009.
46. MIYOSHI, T.; SHIROTA, T.; YAMAMOTO, S.; NAKAZAWA, K.; AKAI, M. Effect of the walking speed to the lower limb joint angular displacements, joint moments and ground reaction forces during walking in water. **Disabil. Rehabil.** 26(12):724-732, 2004.
47. MIYOSHI, T.; NAKAZAWA, K.; TANIZAKI, M.; SATO, T.; AKAI, M. Altered activation pattern in synergistic ankle plantarflexor muscles in a reduced-gravity environment. **Gait & Posture.** 24:94-99, 2006.
48. MÜLLER, E.S.M.; BLACK, G.L.; FIGUEIREDO, P.P.; KRUEL, L.F.M.; HANISH, C.; APPELL, H.J. Comparação eletromiográfica do exercício abdominal dentro e fora da água. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 5(3):255-265, 2005.
49. NAKANISHI, Y.; KIMURA, T.; YOKO, Y. Maximal responses to deep water running at thermoneutral temperature. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci.** 18(2):31-35, 1999a.
50. NAKAZAWA, K.; YANO, H.; MIYASHITA, M. Ground reaction forces during walking in water. **Med. Sci. Aquatic Sports.** 39:28-34, 1994.
51. NILSSON, J.; THORSTENSSON, A. Ground reaction forces at different speeds of human walking and running. **Acta Physiol. Scand.** 136(2):217-227, 1989.
52. OLIVEIRA, A.S.; POSSER, M.S.; ALBERTON, C.L.; KRUEL, L.F.M. Influência de diferentes movimentos de membros superiores nas respostas cardiorrespiratórias da corrida em piscina funda. **Motriz.** 17(1):71-81, 2011.
53. PANTOJA, P.D.; VENDRUSCULO, A.P.; FAYH, A.P.; ALBERTON, C.L.; KRUEL, L.F.M. Respostas hemodinâmicas, cardiorrespiratórias e ocorrência de lesão muscular no meio aquático e terrestre em mulher não ativa: estudo de caso. **Revista Motriz.** 12(3):277-282, 2006.
54. PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; BECKER, M.E.; OLKOSKI, M.M.; KRUEL, L.F.M. Respostas cardiorrespiratórias em exercícios de hidroginástica executados com e sem o uso de equipamento resistivo. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 6(3): 336-341, 2006.
55. PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; FIGUEIREDO, P.A.P.; TIGGEMANN, C.L.; KRUEL, L.F.M. Respostas de frequência cardíaca, consumo de oxigênio e sensação subjetiva ao esforço em um exercício de hidroginástica executados por

- mulheres em diferentes situações com e sem o equipamento aquafins®. **Rev. Bras. Med. Esp.** 14(4):357-361, 2008.
56. PINTO, S.S.; LIEDTKE, G.V.; ALBERTON, C.L.; SILVA, E.M.; CADORE, E.L.; KRUEL, L.F.M. Electromyographic signal and force comparisons during maximal voluntary isometric contraction in water and on dry land. **Eur. J. Appl. Physiol.** 110(5):1075–1082, 2010.
  57. PINTO, S.S.; CADORE, E.L.; ALBERTON, C.L.; SILVA, E.M.; KANITZ, A.C.; TARTARUGA, M.P.; KRUEL, L.F.M. Physiological responses during water aerobics exercise. **Int. J. Sports Med.** *In press.* 2011.
  58. POHL, M.B.; McNAUGHTON, L.R. The physiological responses to running and walking in water at different depths. **Res. Sports Med.** 11:63-78, 2003.
  59. PÖYHÖNEN, T.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J., MÄLKIÄ, E. Human isometric force production and electromyogram activity of knee extensor muscles in water and on dry land. **Eur. J. Appl. Physiol.** 80:52-56, 1999.
  60. PÖYHÖNEN, T.; KYROLAINEN, H.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Neuromuscular function during therapeutic knee exercise under water and on dry land. **Arch. Phys. Med. Rehabil.** 82:1446-52, 2001a.
  61. 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, 2001b.
  62. RAFFAELLI, C.; LANZA, M.; ZANOLLA, L.; ZAMPARO, P. Exercise intensity of head-out water-based activities (water fitness). **Eur. J. Appl. Physiol.** 109:829-838, 2010.
  63. RAINOLDI, A.; CESCO, C.; BOTTIN, A.; CASALE, R.; CARUSO, I. Surface EMG alterations induced by underwater recording. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 14:325-331, 2004.
  64. ROESLER, H.; HAUPENTHAL, A.; SCHÜTZ, G.R.; SOUZA, P.V. Dynamometric analysis of the maximum force applied in aquatic human gait at 1.3 m of immersion. **Gait & Posture.** 24(4):412-417, 2006.
  65. SENIAM. **Recommendations**, 2010. Disponível em: <http://www.seniam.org>
  66. SHONO, T.; FUJISHIMA, K.; HOTTA, N.; OGAKI, T.; UEDA, T.; OTOKI, K.; TERAMOTO, K.; SHIMIZU, T. Physiological responses and RPE during underwater treadmill walking in women of middle and advanced age. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 19(4):195-200, 2000.
  67. SHONO, T.; MASUMOTO, K.; FUJISHIMA, K.; HOTTA, N.; OGAKI, T.; ADACHI, T. Gait patterns and muscle activity in the lower extremities of elderly women during underwater treadmill walking against water flow. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 26(6): 579-586, 2007.
  68. SILVERS, W.M.; RUTLEDGE, E.R.; DOLNY, D.G. Peak Cardiorespiratory responses during aquatic and land treadmill exercise. **Med. Sci. Sports Exerc.** 39(6):969-975, 2007.
  69. SILVERS, W.M.; DOLNY, D.G. Comparison and reproducibility of sEMG during manual muscle testing on land and in water. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 21(1):95-101, 2011.
  70. SVEDENHAG, J.; SEGER, J. Running on land and in water: comparative exercise physiology. **Med. Sci. Sports Exerc.** 24(10):1155-1160, 1992.

71. TIGGEMANN, C.L.; ALBERTON, C.L.; POSSER, M.S.; BRIDI, J.; KRUEL, L.F.M. Comparação de variáveis cardiorrespiratórias máximas entre a corrida em piscina funda e a corrida em esteira. **Revista Motriz**. 13(4):266-272, 2007.
72. TOWN, G.P.; BRADLEY, S.S. Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. **Med. Sci. Sports Exerc.** 23(2):238-241, 1991.
73. VENEZIANO, W.H.; ROCHA, A.F.; GONÇALVES, C.A.; PENA, A.G.; CARMO, J.C.; NASCIMENTO, F.A.O.; RAINOLDI, A. Confounding factors in water EMG recordings: an approach to a definitive standard. **Med. Biol. Eng. Comput.** 44:348-351, 2006.
74. 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.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais descobertas do presente estudo foram: a) comportamento semelhante de FC,  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}e$  entre os três exercícios aquáticos, CE, CF e DF, nas intensidades correspondentes a LV1, LV2 e MAX, corroborando com a nossa hipótese; b) respostas de  $Fz_{\text{pico}}$  menores para o meio aquático comparado ao meio terrestre, menores para o exercício DF comparado aos demais exercícios, CE e CF, e menores para a intensidade correspondente a LV1 comparada às demais intensidades, LV2 e MAX, corroborando parcialmente com as nossas hipóteses; e c) respostas de amplitude do sinal EMG diferentes entre os exercícios, com menores respostas para os músculos RF, ST, VL, BF e TA durante o exercício CE, e menor resposta para o músculo GL durante o exercício DF, e diferentes entre as três intensidades de esforço, LV1, LV2 e MAX para todos os grupos musculares, exceto GL, corroborando com a nossa hipótese.

A partir dos resultados apresentados, conclui-se que, em um programa de treinamento de hidroginástica, existe a necessidade de realizar-se testes máximos específicos nos exercícios aquáticos, uma vez que as respostas de FC,  $\dot{V}O_2$  e  $\dot{V}e$  apresentaram diferenças entre os exercícios de hidroginástica analisados e a esteira terrestre. Logo, a prescrição dessa modalidade não pode ser baseada em testes máximos realizados no meio terrestre, uma vez que esses superestimam os valores cardiorrespiratórios para o meio aquático. Além disso, tanto nos testes máximos, como nos testes submáximos, executados nas cadências correspondentes a LV1 e LV2, não foram observadas diferenças significativas nas variáveis analisadas entre os três

exercícios de hidroginástica, sendo que apenas um teste máximo pode ser realizado e seus resultados podem ser extrapolados para a prescrição dos demais exercícios analisados.

Outro fator a ser levado em consideração é a escolha da intensidade e dos exercícios a serem prescritos. Embora em menor magnitude, existe Fz nos exercícios de hidroginástica realizados no meio aquático, que variaram de 0,71 a 1,25 vezes o peso corporal no presente estudo. Além disso, normalmente os sujeitos realizam os exercícios nesse meio com os pés descalços, indicando que esse impacto é absorvido diretamente pelos membros inferiores. Portanto, se o objetivo for amenizar a ação da Fz, exercícios com as características do deslize frontal devem ser priorizados, sendo importante salientar que o mesmo apresenta uma intensa atividade neuromuscular para todos os músculos analisados, exceto GL. Além disso, intensidades correspondentes ao LV1 devem ser utilizadas a fim de minimizar a  $Fz_{\text{pico}}$ , todavia, nessa intensidade a atividade neuromuscular foi significativamente menor para todos os exercícios e músculos analisados. Por outro lado, se o objetivo é trabalhar com altas intensidades, não existe diferença entre a Fz correspondente ao esforço máximo e ao LV2, logo a intensidade máxima pode ser utilizada com a mesma segurança que LV2, apresentando um menor impulso total por repetição e uma maior ativação EMG para todos os grupos musculares analisados. No entanto, se o objetivo for minimizar a ativação muscular de membros inferiores, sugere-se o uso do exercício CE. Esse exercício apresenta uma economia neuromuscular, ou seja, pode ser utilizado nas aulas de hidroginástica com a mesma intensidade cardiorrespiratória que os demais exercícios avaliados, induzindo a uma menor fadiga periférica.

Sugere-se ainda que o sinal EMG de outros grupos musculares, tais como músculos do tronco e membros superiores, seja avaliado nos exercícios e intensidades

analisados no presente estudo, assim como os outros componentes da força de reação do solo, ântero-posterior e médio-lateral. Além disso, outros exercícios de hidroginástica ainda devem ser investigados, uma vez que essa modalidade é constituída por vários exercícios aquáticos específicos; logo, exercícios realizados em diferentes planos de execução e com o envolvimento de diferentes musculaturas também merecem atenção.



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGOSTONI, E.G.; GURTNER, G.; TORRI, G.; RAHN, H. Respiratory mechanics during submersion and negative pressure breathing. **J. Appl. Physiol.** 21: 251-258, 1966.
2. ALBERTON, C.L.; COERTJENS, M.; FIGUEIREDO, P.A.P.; KRUEL, L.F.M. Behavior of oxygen uptake in water exercises performed at different cadences in and out of water. **Med. Sci. Sports Exerc.** 37(5):S103, 2005.
3. ALBERTON, C.L.; BLACK, G.L.; VENDRUSCULO, A.P.; BRENTANO, M.A.; BORGES JR., N.G.; KRUEL, L.F.M. Muscle activation in water exercise: Agonist and antagonist action with or without resistive equipment. In: VILAS-BOAS, J.P.; ALVES, F.; MARQUES, A.S. (Eds). Xth International Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming. **Port. J. Sport Sci.** 6(Suppl.1):71, 2006.
4. ALBERTON, C.L.; SILVA, E.M.; TARTARUGA, M.P.; CADORE, E.L.; BECKER, M.E.; BRENTANO, M.A.; KRUEL, L.F.M. Análise da reprodutibilidade do sinal eletromiográfico durante ações isométricas e dinâmicas realizadas em diferentes meios. **Rev. Bras. Biomec.** 8(15):82-88, 2007a.
5. ALBERTON, C.L.; OLKOSKI, M.M.; BECKER, M.E.; PINTO, S.S.; KRUEL, L.F.M. Cardiorespiratory responses of postmenopausal women to different water exercises. **Int. J. Aquat. Res. Educ.** 1:363-372, 2007b.
6. ALBERTON, C.L.; SILVA, E.M.; CADORE, E.L.; COERTJENS, M.; BEYER, P.O.; MAROCCO, L.F.; KRUEL, L.F.M. Respostas eletromiográficas induzidas pelo isolamento e pela imersão sobre os eletrodos de superfície. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 8(3):330-336, 2008a.
7. ALBERTON, C.L.; BECKER, M.E.; PINTO, S.S.; OLKOSKI, M.M.; KRUEL, L.F.M. Comparação dos efeitos de dois exercícios de hidroginástica nas respostas cardiorrespiratórias e na sensação subjetiva de esforço entre mulheres pós-menopáusicas e mulheres jovens. In: **Anais do XII Congresso de Ciências do Desporto e Educação Física dos Países de Língua Portuguesa**. Porto Alegre, 2008b.
8. ALBERTON, C.L.; KRUEL, L.F.M. Influência da imersão nas respostas cardiorrespiratórias em repouso. **Rev. Bras. Med. Esporte.** 15(3):228-232, 2009.
9. ALBERTON, C.L.; TARTARUGA, M.P.; PINTO, S.S.; CADORE, E.L.; SILVA, E.M.; KRUEL, L.F.M. Cardiorespiratory responses to stationary running at different cadences in water and on land. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 49:142-151, 2009.
10. ALBERTON, C.L.; CADORE, E.L.; PINTO, S.S.; TARTARUGA, M.P.; SILVA, E.M.; KRUEL, L.F.M. Cardiorespiratory, neuromuscular and kinematic responses to stationary running performed in water and on dry land. **Eur. J. Appl. Physiol.** 111(6):1157-66, 2011a.
11. ALBERTON, C.L.; ANTUNES, A.H.; PINTO, S.S.; TARTARUGA, M.P.; SILVA, E.M.; CADORE, E.L.; KRUEL, L.F. Correlation between rating of

- perceived exertion and physiological variables during the execution of stationary running in water at different cadences. **J. Strength Cond. Res.** 25(1):155-162, 2011b.
12. ALEXANDER, R. **Mechanics and energetics of animal locomotion.** In: ALEXANDER, R.; GOLDSPIK, G., editors. *Swimming.* London: Chapman & Hall; 1977. p. 222-248.
  13. 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.
  14. ANTUNES, A. H.; ALBERTON, C. L.; BEILKE, D. D.; PINTO, S. S.; KANITZ, A. C.; TARTARUGA, M. P.; KRUEL, L. F. M. Determinação das respostas cardiorrespiratórias máximas e correspondentes aos limiares ventilatórios de três exercícios de hidroginástica em mulheres jovens. In: **Anais do XXI Salão de Iniciação Científica da UFRGS.** Porto Alegre, 2009.
  15. ARBORELIUS, M.; BALDLIN, U.I.; LILJA, B.; LUNDGREN, C.E.G. Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. **Aerospace Med.** 43:590-598, 1972.
  16. ASTORINO, T.A.; WILLEY, J.; KINNAHAN, J.; LARSSON, S.M.; WELCH, H.; DALLECK, L.C. Elucidating determinants of the plateau in oxygen consumption at  $VO_{2MAX}$ . **Br. J. Sports Med.** 39:655-660, 2005.
  17. BARBOSA, T.M.; GARRIDO, M.F.; BRAGADA, J. Physiological adaptations to head-out aquatic exercises with different levels of body immersion. **J. Strength Cond. Res.** 21(4):1255-1259. 2007.
  18. BARELA, A.M.F.; STOLF, S.F.; DUARTE, M. Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 16:250-256, 2006.
  19. BARELA, A.M.F.; DUARTE, M. Biomechanical characteristics of elderly individuals walking on land and in water. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 18:446-454, 2008.
  20. BEMBEN, D.A.; SALM, P.C.; SALM, A.J. Ventilatory and blood lactate responses to maximal treadmill exercise during the menstrual cycle. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 35(4):257-262, 1995.
  21. BENELLI, P.; DITROILO, M.; DE VITO, G. Physiological responses to fitness activities: A comparison between land-based and water aerobics exercise. **J. Strength Cond. Res.** 18(4):719-722, 2004.
  22. BENFIELD, R.D.; NEWTON, E.R.; HORTOBÁGYI, T. Waterproofing EMG instrumentation. **Biol. Res. Nurs.** 8(3):195-201, 2007.
  23. BGEKINSKI, R.; FINKELSTEIN, I.; ALBERTON, C.L.; TARTARUGA, M.P.; KRUEL, L.F.M. Effects of water-gymnastics training on hemodynamic variables in pregnant women at rest. **Int. J. Aquat. Res. Educ.** 3:151-161, 2009.
  24. BLACK, G.L.; MÜLLER, E.; TARTARUGA, M.P.; BRENTANO, M.A.; FIGUEIREDO, P.A.P.; KRUEL, L.F.M. Electromyography in aquatic exercise with different resistances and velocities. In: VILAS-BOAS, J.P.; ALVES, F.; MARQUES, A.S. (Eds). *Xth International Symposium Biomechanics and Medicine in Swimming.* **Port. J. Sport Sci.** 6(Suppl.1):75, 2006.
  25. BOCALINI, D.S.; SERRA, A.J.; MURAD, N.; LEVY, R.F. Water- versus land-based exercise effects on physical fitness in older women. **Geriatr. Geront. Int.** 8:265-271, 2008.

26. 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.** 78:1375-80, 1997.
27. BRITO, R.N.; ROESLER, H.; HAUPENTHAL, A.; SOUZA, P.V. Análise comparativa da marcha humana em solo à subaquática em dois níveis de imersão: Joelho e quadril. **Rev. Bras. Fisioter.** 8(1):7-12, 2004.
28. BUCHFUHRER, M.J.; HANSEN, J.E.; ROBINSON, T.E.; SUE, D.Y.; WASSERMAN, K.; WHIPP, B.J. Optimizing the exercise protocol for cardiorespiratory assessment. **J. Appl. Physiol.** 55:1558-1564, 1983.
29. BUTTS, N.K.; TUCKER, M.; GREENING, C. Physiologic responses to maximal treadmill and deep water running in men and women. **Am. J. Sports Med.** 19(6):612-614, 1991.
30. 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, 2011a.
31. CADORE, E.L.; PINTO, R.S.; PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; CORREA, C.S.; TARTARUGA, M.P.; SILVA, E.M.; ALMEIDA, A.P.V.; TRINDADE, G.T.; 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, 2011b.
32. 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.
33. CARVALHO, R.G.S.; AMORIM, C.F.; PERÁCIO, L.H.R.; COELHO, H.F.; VIEIRA, A.C.; MENZEL, H.J.K.; SZMUCHROWSKI, L.A. Analysis of various conditions in order to measure electromyography of isometric contractions in water and on air. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 20:988-993, 2010.
34. CASSADY, S.L.; NIELSEN, D.H. Cardiorespiratory responses of healthy subjects to calisthenics performed on land versus in water. **Phys. Ther.** 75:532-538, 1992.
35. CHEVUTSCHI, A.; LENSEL, G.; VAAST, D.; THEVENON, A. An electromyographic study of human gait both in water and on dry ground. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 26(4):467-473, 2007.
36. CHIU, M.C.; WANG, M.J. The effect of gait speed and gender on perceived exertion, muscle activity, joint motion of lower extremity, ground reaction force and heart rate during normal walking. **Gait & Posture.** 25(3):385-392, 2007.
37. CHRISTIE, J.L.; SHELDAL, L.M.; TRISTANI, F.E.; WANN, L.S.; SAGAR, K.B.; LEVANDOSKI, S.G.; PTACIN, M.J.; SOBOCINSKY, K.A.; MORRIS, R.D. Cardiovascular regulation during head-out water immersion exercise. **J. Appl. Physiol.** 69(2):657-664, 1990.
38. CLARYS, J.P. Hydrodynamics and electromyography: ergonomics aspects in aquatics. **Appl. Ergon.** 16(1):11-24, 1985.
39. COLADO, J.C.; TELLA, V.; TRIPLETT, N.T.; AND GONZÁ LEZ, L.M. Effects of a short-term aquatic resistance program on strength and body composition in fit young men. **J. Strength Cond. Res.** 23(2): 549-559, 2009.
40. CONNELLY, T.P.; SHELDAL, L.M.; TRISTANI, F.E.; LEVANDOSKY, S.G.; KALKHOFF, R.K.; HOFFMAN, M.D.; KALBFLEISH, J.H. Effect of increased central blood volume with water immersion on plasma catecholamines during exercise. **J. Appl. Physiol.** 69(2):651-656, 1990.

41. COSTA, G.; AFONSO, S.; BRAGADA, J.A.; REIS, V.M.; BARBOSA, T.M. Estudo comparativo das adaptações fisiológicas agudas durante a execução de três variantes de um exercício básico de hidroginástica. **Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum.** 10(4):323-329, 2008.
42. COULANGE, M.; HUG, F.; KIPSON, N.; ROBINET, C.; DESRUELLE, A.V.; MELIN, B.; JIMENEZ, C.; GALLAND, F.; JAMMES, Y. Consequences of prolonged total body immersion in cold water on muscle performance and EMG activity. **Pflügers Arch.** 452:91-101, 2006.
43. CRAIG, A.B.; DVORAK, M. Thermal regulation during water immersion. **J. Appl. Physiol.** 21:1577-1585, 1966.
44. CRAIG, A.B.; DVORAK, M. Comparison of exercise in air and in water of different temperatures. **Med. Sci. Sports Med.** 1(3):124-130, 1969.
45. D'ACQUISTO, L.; D'ACQUISTO, D.; RENNE, D. Metabolic and cardiovascular responses in older women during shallow-water exercise. **J. Strength Cond. Res.** 15(1):12-19, 2001.
46. DARBY, L.A.; YAEKLE, B.C. Physiological responses during two types of exercise performed on land and in the water. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 40(4):303-311, 2000.
47. DAVIS, J.A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. **Med. Sci. Sports Med.** 17(1):6-18, 1985.
48. DeLUCA, C.J. The use of surface electromyography in biomechanics. **J. Appl. Biomec.** 13:135-163, 1997.
49. DENADAI, B.S.; ROSAS, R.; DENADAI, M.L.D.R. Limiar aeróbico e anaeróbico na corrida aquática: comparação com os valores obtidos na corrida em pista. **Rev. Bras. Ativ. Fís. Saúde.** 2(1):23-28, 1997.
50. DEVEREUX, K.; ROBERTSON, D.; BRIFFA, K. Effects of a water-based program on women 65 years and over: A randomized controlled trial. **Aust. J. Physiother.** 51: 102-108, 2005.
51. DOLBOW, D.R.; FARLEY, R.S.; KIM, J.K.; CAPUTO, J.L. Oxygen Consumption, Heart Rate, Rating of Perceived Exertion, and Systolic Blood Pressure With Water Treadmill Walking. **J. Aging Phys. Act.** 16:14-23, 2008.
52. DOWZER, C.N.; REILLY, T.; CABLE, N.; NEVILL, A. Maximal physiological responses to deep and shallow water running. **Ergonomics.** 42(2):275-281, 1999.
53. ECKERSON, J.; ANDERSON, T. Physiological response to water aerobics. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 32(3):255-261, 1992.
54. FIGUEIREDO, P.A.P. **Análise eletromiográfica de exercícios abdominais realizados por mulheres no meio líquido.** Porto Alegre, 2004. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
55. FIGUEIREDO, P.A.P.; BORGES JR, N.G.; TARTARUGA, L.A.P.; KRUEL, L.F.M. Methodology of isolate the system to collect EMG signal in the water. **Aquatic Fitness Research Journal.** 3(1):32, 2006.
56. FINKELSTEIN, I.; ALBERTON, C.L.; FIGUEIREDO, P.A.P.; GARCIA, D.R.; TARTARUGA, L.A.P.; KRUEL, L.F.M. Comportamento da frequência cardíaca, pressão arterial e peso hidrostático de gestantes em diferentes profundidades de imersão. **Rev. Bras. Ginecol. Obstet.** 26(9):685-690, 2004.
57. FINKELSTEIN I.; BGEKINSKI, R.; TARTARUGA, M.P.; ALBERTON, C.L.; KRUEL, L.F.M. Comportamento da frequência cardíaca e da pressão arterial, ao longo da gestação, com treinamento no meio líquido. **Rev. Bras. Med. Esporte.** 12(5):376-380, 2006.

58. FINKELSTEIN, I.; BGEGINSKI, R.; FIGUEIREDO, P.A.P.; ALBERTON, C.L.; STEIN, R.; KRUEL, L.F.M. Comparação das respostas pressóricas e do consumo de oxigênio de gestantes e não gestantes, em exercício contínuo e progressivo, nos meios terra e água. **Rev. Bras. Med.** 66(6):174-177, 2009.
59. FINNI, T.; HU, M.; KETTUNEN, P.; VILAVUO, T.; CHENG, S. Measurement of EMG activity with textile electrodes embedded into clothing. **Physiol. Meas.** 28:1405-1419, 2007.
60. FOLEY, A.; HALBERT, J.; HEWITT, T.; CROTTY, M. Does hydrotherapy improve strength and physical and a hydrotherapy based strengthening randomised controlled trial comparing a gym based function in patients with osteoarthritis—a programme. **Ann. Rheum. Dis.** 62:1162-1167, 2003.
61. FRANGOLIAS, D.D.; RHODES, E.C. Maximal and ventilatory threshold responses to treadmill and water immersion running. **Med. Sci. Sports Exerc.** 27(7):1007-1013, 1995.
62. FUJISAWA, H.; SUENAGA, N.; MINAMI, A. Electromyographic study during isometric exercise of the shoulder in head-out water immersion. **J. Shoulder Elbow Surg.** 7:491-494, 1998.
63. GAPPMAIER, E.; LAKE, W.; NELSON, A.G.; FISHER, A.G. Aerobic exercise in water versus walking on land: Effects on indices of fat reduction and weight loss of obese women. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 46(4):564-69, 2006.
64. GRAEF, F.; ALBERTON, C.L.; TARTARUGA, L.A.P.; KRUEL, L.F.M. Frequência Cardíaca em homens imersos em diferentes temperaturas de água. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 5(3):266-273, 2005.
65. GRAEF, F.I.; PINTO, R.S.; ALBERTON, C.L.; 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):3150-6, 2010.
66. HANSEN, D.; DENDALE, P.; BERGER, J.; MEEUSEN R. Low agreement of ventilatory threshold between training modes in cardiac patients. **Eur. J. Appl. Physiol.** 101:547-554, 2007.
67. HARRISSON, R. A.; HILLMAN, M.; BULSTRODE, S. Loading of the lower limb when walking partially immersed: Implications for clinical practice. **Physiotherapy.** 78:164-166, 1992.
68. HAUPENTHAL, A.; RUSCHEL, C.; HUBERT, M.; de BRITO-FONTANA, H.; ROESLER, H. Loading forces in shallow water running in two levels of immersion. **J. Rehabil. Med.** 42(7):664-669, 2010.
69. HEBERLEIN, T.; PEREZ, H.R.; WYGAND, J.; CONNOR, K. The metabolic cost of high impact aerobic and hydroaerobic exercise in middle-aged females. **Med. Sci. Sports Exerc.** 19(2):S89, 1987.
70. HEITHOLD, K.; GLASS, S.C. Variations in the heart rate and perception of effort during land and water aerobics in older women. **J. Exerc. Physiol.** 5(4):22-28, 2002.
71. HEYWARD, V.H.; STOLARCZYK, L.M. **Applied body composition.** Champaign IL: Human Kinetics, 1996.
72. HOWLEY, E.T.; BASSET Jr., D.R.; WELCH, H.G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Med. Sci. Sports Exerc.** 27:1292-1301, 1995.
73. HUG, F.; LAPLAUD, D.; SAVIN, B.; GRELOT, L. Occurrence of electromyographic and ventilatory thresholds in professional road cyclists. **Eur. J. Appl. Physiol.** 90:643-646, 2003.

74. JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L.; WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. **Med. Sci. Sports Exerc.** 12:175-182, 1980.
75. JOHNSON, B.L.; STROMME, S.B.; ADAMCZYK, J.W.; TENNOE, K.O. Comparison of oxygen uptake and heart rate during exercises on land and in water. **Phys. Ther.** 57(3):273-278, 1977.
76. KALPAKCIOGLU, B.; CANDIR, F.; BERNATECK, M.; GUTENBRUNNER, C.; FISCHER, M.J. Does local immersion in thermo-neutral bath influence surface EMG measurements? Results of an experimental trial. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 19:e550–e553, 2009.
77. KANEDA, K.; WAKABAYASHI, H.; SATO, D.; NOMURA, T. Lower extremity muscle activity during different types and speeds of underwater movement. **J. Physiol. Anthropol.** 26(2): 197-200, 2007.
78. KANEDA, K.; WAKABAYASHI, H.; SATO, D.; UEKUSA, T.; NOMURA, T. Lower extremity muscle activity during deep-water running on self-determined pace. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 18:965-972, 2008.
79. KANEDA, K.; SATO, D.; WAKABAYASHI, H.; NOMURA, T. EMG activity of hip and trunk muscles during deep-water running. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 19:1064–1070, 2009.
80. KANITZ, A. C.; ANTUNES, A. H.; BEILKE, D. D.; ALBERTON, C. L.; SILVA, E. M.; PINTO, S. S.; KRUEL, L. F. M. Comparação das respostas cardiorrespiratórias máximas e no limiar anaeróbico no exercício de corrida estacionária. In: **Anais do XXI Salão de Iniciação Científica da UFRGS.** Porto Alegre, 2009.
81. KANITZ, A.C.; SILVA, E.M.; ALBERTON, C.L.; KRUEL, L.F.M. Comparação das respostas cardiorrespiratórias de um exercício de hidroginástica com e sem deslocamento horizontal nos meios terrestre e aquático. **Rev. Bras. Educ. Fís. Esporte.** 24(3):353-62, 2010.
82. 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):957-64, 2010.
83. KATZ, V.L. Exercise in water during pregnancy. **Clin. Obstet. Gynecol.** 46(2): 432-441, 2003.
84. KELLER, T.S.; WEISBERGER, A.M.; RAY, J.L.; HASAN, S.S.; SHIAMI, R.G.; SPENGLER, D.M. Relationship between vertical ground reaction force and speed during walking, slow jogging, and running. **Clin. Biomech.** 11(5):253-259, 1996.
85. KELLY, B.T.; ROSKIN, L.A.; KIRKENDALL, D.T.; SPEER, K.P. Shoulder muscle activation during aquatic and dry land exercises in nonimpaired subjects. **J. Orthop. Sports Phys. Ther.** 30(4):204-210, 2000.
86. KRUEL, L.F.M. **Peso hidrostático e frequência cardíaca em pessoas submetidas a diferentes profundidades de água.** Santa Maria, 1994. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria.
87. KRUEL, L.F.M. **Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água.** Santa Maria, 2000. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.
88. KRUEL, L.F.M.; POSSER, M.S.; ALBERTON, C.L.; PINTO, S.S.; OLIVEIRA, A.S. Comparison of energy expenditure between continuous and interval water aerobic routines. **Int. J. Aquat. Res. Educ.** 3:186-196, 2009a.

89. KRUEL, L.F.M.; PEYRÈ-TARTARUGA, L.A.; ALBERTON, C.L.; MÜLLER, F.G.; PETKOWICZ, R. Effects of hydrostatic weight on heart rate during water immersion. **Int. J. Aquat. Res. Educ.** 3:178-185, 2009b.
90. LUCÍA, A.; SÁNCHEZ, O.; CARVAJAL, A.; CHICHARRO, J.L. Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography. **Br. J. Sports Med.** 33:178-185, 1999.
91. MASANI, K.; KOUZAKI, M.; FUKUNAGA, T. Variability of ground reaction forces during treadmill walking. **J. Appl. Physiol.** 92(5):1885-1890, 2002.
92. MASUMOTO, K.; MERCER, J.A. Biomechanics of Human Locomotion in Water: An Electromyographic Analysis. **Exerc. Sport Sci. Rev.** 36(3):160-169, 2008.
93. MASUMOTO, K.; TAKASUGI, S.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K.; IWAMOTO, Y. Electromyographic analysis of walking in water in healthy humans. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human Sci.** 23(4):119-127, 2004.
94. MASUMOTO, K.; TAKASUGI, S.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K.; IWAMOTO, Y. Muscle activity and heart rate response during backward walking in water and on dry land. **Eur. J. Appl. Physiol.** 94:54-61, 2005.
95. MASUMOTO, K.; TAKASUGI, S.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K.; IWAMOTO, Y. A comparison of muscle activity and heart rate response during backward and forward walking on an underwater treadmill. **Gait & Posture.** 25:222-228, 2007a.
96. MASUMOTO, K.; SHONO, T.; TAKASUGI, S.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K.; IWAMOTO, Y. Age-related differences in muscle activity, stride frequency and heart rate response during walking in water. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 17:596-604, 2007b.
97. MASUMOTO, K.; SHONO, T.; HOTTA, N.; FUJISHIMA, K. Muscle activation, cardiorespiratory response, and rating of perceived exertion in older subjects while walking in water and on dry land. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 18:581-590, 2008.
98. MASUMOTO, K.; HAMADA, A.; TOMONAGA, H.; KODAMA, K.; AMAMOTO, Y.; NISHIZAKI, Y.; HOTTA, N. Physiological and perceptual responses to backward and forward treadmill walking in water. **Gait & Posture.** 29:199-203, 2009.
99. McARDLE, W.D.; MAGEL, J.R.; LESMES, G.R.; PECHAR, G.S. Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18, 25 and 33°C. **J. Appl. Physiol.** 40:85-90, 1976.
100. McGINNIS, P.M. **Biomechanics of sport and exercise.** Champaign: Human Kinetics, 2005.
101. MERCER, J.A.; JENSEN, R.L. Heart rate at equivalent submaximal levels of VO<sub>2</sub> do not differ between deep water running and treadmill running. **J. Strength Cond. Res.** 12(3):161-165, 1998.
102. MICHAUD, T.J.; RODRIGUEZ-ZAYAS, J.; ANDRES, F.F.; FLYNN, M.G.; LAMBERT, C.P. Comparative exercise responses of deep-water and treadmill running. **J. Strength Cond. Res.** 9(2):104-109, 1995.
103. MIYOSHI, T.; SHIROTA, T.; YAMAMOTO, S.; NAKAZAWA, K.; AKAI, M. Effect of the walking speed to the lower limb joint angular displacements, joint moments and ground reaction forces during walking in water. **Disabil. Rehabil.** 26(12):724-732, 2004.
104. MIYOSHI, T.; NAKAZAWA, K.; TANIZAKI, M.; SATO, T.; AKAI, M. Altered activation pattern in synergistic ankle plantarflexor muscles in a reduced-gravity environment. **Gait & Posture.** 24:94-99, 2006.

- 105.MÜLLER, E.S.M.; BLACK, G.L.; FIGUEIREDO, P.P.; KRUEL, L.F.M.; HANISH, C.; APPELL, H.J. Comparação eletromiográfica do exercício abdominal dentro e fora da água. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 5(3):255-265, 2005.
- 106.NAKANISHI, Y.; KIMURA, T.; YOKO, Y. Maximal responses to deep water running at thermoneutral temperature. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 18(2):31-35, 1999a.
- 107.NAKANISHI, Y.; KIMURA, T.; YOKO, Y. Physiological responses to maximal treadmill and deep water running in the young and the middle aged males. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 18(3):81-86, 1999b.
- 108.NAKAZAWA, K.; YANO, H.; MIYASHITA, M. Ground reaction forces during walking in water. **Med. Sci. Aquatic Sports.** 39:28-34, 1994.
- 109.NICOLAI, A.L.; NOVOTNY, B.A.; BOHNEN, C.L.; SCHIEIS, K.M.; DAILECK, L.C. Cardiovascular and metabolic responses to water aerobics exercise in middle-aged and older adults. **J. Phys. Act. Health.** 6:333-338, 2009.
- 110.NILSSON, J.; THORSTENSSON, A. Ground reaction forces at different speeds of human walking and running. **Acta Physiol. Scand.** 136(2):217-227, 1989.
- 111.OLIVEIRA, A.S.; POSSER, M.S.; ALBERTON, C.L.; KRUEL, L.F.M. Influência de diferentes movimentos de membros superiores nas respostas cardiorrespiratórias da corrida em piscina funda. **Motriz.** 17(1):71-81, 2011.
- 112.PANTOJA, P.D.; VENDRUSCULO, A.P.; FAYH, A.P.; ALBERTON, C.L.; KRUEL, L.F.M. Respostas hemodinâmicas, cardiorrespiratórias e ocorrência de lesão muscular no meio aquático e terrestre em mulher não ativa: estudo de caso. **Revista Motriz.** 12(3):277-282, 2006.
- 113.PANTOJA, P.D.; ALBERTON, C.L.; PILLA, C.; VENDRUSCULO, A.P.; KRUEL, L.F.M. Effect of resistive exercise on muscle damage in water and on land. **J. Strength Cond. Res.** 23(3):1051-1054, 2009.
- 114.PARK, K.S.; CHOI, J.K.; PARK, Y.S. Cardiovascular regulation during water immersion. **Appl. Human. Sci.** 18(6):233-241, 1999.
- 115.PERRY, J.; PINK, M.; JOBE, F.W.; KERRIGAN, J.; BROWNE, A.; SCOVAZZO, M.L. The painful shoulder during the backstroke: An EMG and cinematographic analysis of twelve muscles. **Clin. J. Sport Med.** 2(1):13-20, 1992.
- 116.PETRICK, M.; PAULSEN, T.; GEORGE, J. Comparison between quadriceps muscle strengthening on land and in water. **Physiotherapy.** 87(6):310-317, 2001.
- 117.PINK, M.; PERRY, J.; BROWNE, A.; SCOVAZZO, M.L.; KERRIGAN, J. The normal shoulder during freestyle swimming: An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. **Am. J. Sports Med.** 19(6):569-576, 1991.
- 118.PINK, M.; JOBE, F.W.; PERRY, J.; BROWNE, A.; SCOVAZZO, M.L.; KERRIGAN, J. The painful shoulder during the butterfly: An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. **Clin. Orthop.** 288:60-72, 1993a.
- 119.PINK, M.; JOBE, F.W.; PERRY, J.; KERRIGAN, J.; BROWNE, A.; SCOVAZZO, M.L. The normal shoulder during the butterfly swim stroke: An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. **Clin. Orthop.** 288:48-59, 1993b.
- 120.PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; BECKER, M.E.; OLKOSKI, M.M.; KRUEL, L.F.M. Respostas cardiorrespiratórias em exercícios de hidroginástica executados com e sem o uso de equipamento resistivo. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 6(3): 336-341, 2006.
- 121.PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; FIGUEIREDO, P.A.P.; TIGGEMANN, C.L.; KRUEL, L.F.M. Respostas de frequência cardíaca, consumo de oxigênio e



- sensação subjetiva ao esforço em um exercício de hidroginástica executados por mulheres em diferentes situações com e sem o equipamento aquafins®. **Rev. Bras. Med. Esp.** 14(4):357-361, 2008.
122. PINTO, S.S.; LIEDTKE, G.V.; ALBERTON, C.L.; SILVA, E.M.; CADORE, E.L.; KRUEL, L.F.M. Electromyographic signal and force comparisons during maximal voluntary isometric contraction in water and on dry land. **Eur. J. Appl. Physiol.** 110(5):1075–1082, 2010.
123. PINTO, S.S.; CADORE, E.L.; ALBERTON, C.L.; SILVA, E.M.; KANITZ, A.C.; TARTARUGA, M.P.; KRUEL, L.F.M. Physiological responses during water aerobics exercise. **Int. J. Sports Med.** *In press.* 2011.
124. POHL, M.B.; McNAUGHTON, L.R. The physiological responses to running and walking in water at different depths. **Res. Sports Med.** 11:63-78, 2003.
125. PÖYHÖNEN, T.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J., MÄLKIÄ, E. Human isometric force production and electromyogram activity of knee extensor muscles in water and on dry land. **Eur. J. Appl. Physiol.** 80:52-56, 1999.
126. PÖYHÖNEN, T.; KYROLAINEN, H.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; SAVOLAINEN, J.; MÄLKIÄ, E. Neuromuscular function during therapeutic knee exercise under water and on dry land. **Arch. Phys. Med. Rehabil.** 82:1446-52, 2001a.
127. 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, 2001b.
128. PÖYHÖNEN, T.; AVELA, J. Effect of head-out immersion on neuromuscular function of the plantarflexor muscles. **Aviat. Space Environ. Med.** 73:1215-1218, 2002.
129. 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.
130. RAFFAELLI, C.; LANZA, M.; ZANOLLA, L.; ZAMPARO, P. Exercise intensity of head-out water-based activities (water fitness). **Eur. J. Appl. Physiol.** 109:829-838, 2010.
131. RAINOLDI, A.; CESCONE, C.; BOTTIN, A.; CASALE, R.; CARUSO, I. Surface EMG alterations induced by underwater recording. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 14:325-331, 2004.
132. ROBINSON, L.E.; DEVOR, S.T.; MERRICK, M.A.; BUCKWORTH, J. The effects of land vs. aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness in women. **J. Strength Cond. Res.** 18(1):84-91, 2004.
133. ROESLER, H.; HAUPENTHAL, A.; SCHÜTZ, G.R.; SOUZA, P.V. Dynamometric analysis of the maximum force applied in aquatic human gait at 1.3 m of immersion. **Gait & Posture.** 24(4):412-417, 2006.
134. ROTSTEIN, A.; HARUSH, M.; VAISMAN, N. The effect of a water exercise program on bone density of postmenopausal women. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 48:352-359, 2008.
135. ROUARD, A.H.; CLARYS, J.P. Cocontraction in the elbow and shoulder muscles during rapid cyclic movements in an aquatic environment. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 5(3):177-183, 1995.

- 136.RUWE, P.A.; PINK, M.; JOBE, F.W.; PERRY, J.; SCOVAZZO, M.L. The normal and the painful shoulders during the breaststroke: Electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. **Am. J. Sports Med.** 22(6):789-796, 1994.
- 137.SATO, D.; KANEDA, K.; WAKABAYASHI, H.; NOMURA, T. The water exercise improves health-related quality of life of frail elderly people at day service facility. **Qual. Life Res.** 16:1577-1585, 2007.
- 138.SENIAN. Recommendations, 2010. Disponível em: <http://www.seniam.org>
- 139.SHELDAHL, L.M.; WANN, L.S.; CLIFFORD, P.S.; TRISTANI, F.E.; WOLF, L.G.; KALBFLEISH, J.H. Effect of central hypervolemia on cardiac performance during exercise. **J. Appl. Physiol.** 52(6):1662-1667, 1984.
- 140.SHELDAHL, L.M. Special ergometric techniques and weight reduction. **Med. Sci. Sports Exerc.** 18(1): 25-30, 1985.
- 141.SHONO, T.; FUJISHIMA, K.; HOTTA, N.; OGAKI, T.; UEDA, T.; OTOKI, K.; TERAMOTO, K.; SHIMIZU, T. Physiological responses and RPE during underwater treadmill walking in women of middle and advanced age. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 19(4):195-200, 2000.
- 142.SHONO, T.; FUJISHIMA, K.; HOTTA, N.; OGAKI, T.; UEDA, T. Physiological responses to water-walking in middle aged women. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 20(2): 119-123, 2001.
- 143.SHONO, T.; MASUMOTO, K.; FUJISHIMA, K.; HOTTA, N.; OGAKI, T.; ADACHI, T. Gait patterns and muscle activity in the lower extremities of elderly women during underwater treadmill walking against water flow. **J. Physiol. Anthropol. Appl. Human. Sci.** 26(6): 579-586, 2007.
- 144.SILVA, E.M. **Características biomecânicas de idosas caminhando em ambiente terrestre e aquático em piscina rasa e em piscina funda.** Porto Alegre, 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 145.SILVA, E.M.; KRUEL, L.F.M. Caminhada em ambiente aquático e terrestre: Revisão de literatura sobre a comparação das respostas neuromusculares e cardiorrespiratórias. **Rev. Bras. Med. Esporte.** 14(6):500-504, 2008.
- 146.SILVERS, W.M.; RUTLEDGE, E.R.; DOLNY, D.G. Peak Cardiorespiratory responses during aquatic and land treadmill exercise. **Med. Sci. Sports Exerc.** 39(6):969-975, 2007.
- 147.SILVERS, W.M.; DOLNY, D.G. Comparison and reproducibility of sEMG during manual muscle testing on land and in water. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 21(1):95-101, 2011.
- 148.SKINNER, A.; THOMSOM, A. **Duffield: Exercícios na Água.** 3. ed. São Paulo: Manole, 1985.
- 149.SOUZA, A.S.; PINTO, S.S.; KANITZ, A.C.; RODRIGUES, B.M.; ALBERTON, C.L.; SILVA, E.M.; KRUEL, L.F.M. Physiological comparisons between aquatic resistance training protocols with and without equipment. **J. Strength Cond. Res.** *Epub ahead of print*, 2011.
- 150.SRÁMEK, P.; SIMECKOVÁ, M.; JANSKI, L.; SAVLÍKOVÁ, J.; VYBÍRAL, S. Human Physiological responses to immersion into water of different temperatures. **Eur. J. Appl. Physiol.** 81:436-442, 2000.
- 151.SUOMI, R.; COLLIER, D. Effects of arthritis exercise programs on functional fitness and perceived activities of daily living measures in older adults with arthritis. **Arch. Phys. Med. Rehabil.** 84:1589-1594, 2003.

152. SVEDENHAG, J.; SEGER, J. Running on land and in water: comparative exercise physiology. **Med. Sci. Sports Exerc.** 24(10):1155-1160, 1992.
153. 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.
154. TANAKA, H.; MONAHAN, K.D.; SEALS, D.R. Age-predicted maximal heart rate revisited. **J. Am. Coll. Cardiol.** 37(1):153-156, 2001.
155. TIGGEMANN, C.L.; ALBERTON, C.L.; POSSER, M.S.; BRIDI, J.; KRUEL, L.F.M. Comparação de variáveis cardiorrespiratórias máximas entre a corrida em piscina funda e a corrida em esteira. **Revista Motriz.** 13(4):266-272, 2007.
156. TOKMAKIDIS, S.P.; SPASSIS, A.T.; VOLAKLIS, K.A. Training, detraining and retraining effects after a water-based exercise program in patients with coronary artery disease. **Cardiology.** 111:257-264, 2008.
157. TOWN, G.P.; BRADLEY, S.S. Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. **Med. Sci. Sports Exerc.** 23(2):238-241, 1991.
158. TRIPLETT, N.T.; COLADO, J.C.; BENAVENT, J.; ALAKHDAR, Y.; MADERA, J.; GONZALEZ, L.M.; TELLA, V. Concentric and impact forces of single-leg jumps in an aquatic environment versus on land. **Med. Sci. Sports Exerc.** 41(9):1790-1796, 2009.
159. 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.** 20:811-818, 2006.
160. UEHARA, S.; MURAOKA, Y.; TANABE, S.; OTA, T.; KIMURA, A. A novel signal processing method using system identification for underwater surface electromyography. **Electromyogr. Clin. Neurophysiol.** 49:103-108, 2009.
161. VALTONEN, A.; PÖYHÖNEN, T.; SIPILÄ, S.; HEINONEN, A. Effects of aquatic resistance training on mobility limitation and lower-limb impairments after knee replacement. **Arch. Phys. Med. Rehabil.** 91:833-839, 2010.
162. VENEZIANO, W.H.; ROCHA, A.F.; GONÇALVES, C.A.; PENA, A.G.; CARMO, J.C.; NASCIMENTO, F.A.O.; RAINOLDI, A. Confounding factors in water EMG recordings: an approach to a definitive standard. **Med. Biol. Eng. Comput.** 44:348-351, 2006.
163. 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.** 154:560.e1-560.e6, 2007.
164. WADELL, K.; SUNDELIN, G.; HENRIKSSON-LARSÉN, K.; LUNDGREN, R. High intensity physical group training in water – an effective training modality for patients with COPD. **Respir. Med.** 98:428-438, 2004.
165. 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.
166. WATENPAUGH, D.E.; PUMP, B.; BIE, P.; NORSK, P. Does gender influence human cardiovascular and renal responses to water immersion? **J. Appl. Physiol.** 89:621-628, 2000.
167. WINGET, C.H.; DeROSHIA, C.W.; HOLLEY, D.C. Circadian rhythms and athletic performance. **Med. Sci. Sports Exerc.** 17(5):498-516, 1985.

168. WYATT, F.B.; MILAM, S.; MANSKE, R.C.; DERR, R. The effects of aquatic and traditional exercise programs on persons with knee osteoarthritis. **J. Strength Cond. Res.** 15(3):337-340, 2001.

## ANEXOS

### ANEXO A

#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de identidade número \_\_\_\_\_, concordo voluntariamente em participar do estudo "RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS, NEUROMUSCULARES E CINÉTICAS DE EXERCÍCIOS DE HIDROGINÁSTICA".

Declaro estar ciente de que o estudo será desenvolvido pela doutoranda Cristine Lima Alberton, aluna do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com o objetivo de analisar as respostas cardiorrespiratórias, neuromusculares, cinemáticas e forças de impacto de diferentes exercícios de hidroginástica, executados em diferentes intensidades de esforço nos meios aquático e terrestre. Estou ciente de que as informações obtidas no decorrer deste trabalho serão utilizadas para a elaboração da tese da referida autora e pelo Programa anteriormente citados, e que todas as informações utilizadas deverão manter o sigilo dos indivíduos avaliados.

Eu, por meio deste, autorizo Luiz Fernando Martins Krueel, Cristine Lima Alberton, bolsistas ou profissionais selecionados para realizar os seguintes procedimentos:

1. Fazer-me medidas corporais;
2. Aplicar-me quatro testes de esforço máximo, um em esteira rolante no meio terrestre e três em exercícios de hidroginástica no meio aquático, nos quais eu estarei respirando através de uma máscara anexada a um analisador de gases e meu nariz estará ocluído;
3. Aplicar-me duas sessões de testes, uma no meio terrestre e outra no meio aquático, com a execução de dez repetições de cada um dos três exercícios de hidroginástica nas intensidades de primeiro limiar ventilatório, segundo limiar ventilatório e máximo esforço sobre uma plataforma de força para a mensuração das forças de impacto.
4. Aplicar-me uma sessão de testes no meio aquático com a execução de três exercícios de hidroginástica durante 4 minutos nas intensidades de primeiro limiar ventilatório e segundo limiar ventilatório e durante 15 segundos no máximo esforço para a mensuração das respostas cardiorrespiratórias, cinemáticas, neuromusculares e forças de impacto.
5. Nessa última sessão, terei que dispor-me à preparação da pele, que inclui a depilação, a abrasão e a limpeza com álcool. A seguir, eletrodos de superfície e

adesivos impermeáveis serão fixados na região anterior e posterior da minha coxa e da minha perna e eu estarei usando-os durante toda a sessão. Além disso, durante os testes, eu estarei me exercitando sobre uma plataforma de força, respirando através de uma máscara anexada a um analisador de gases e o movimento que eu estarei realizando estará sendo filmado através de visores subaquáticos, sem a identificação da minha pessoa.

Eu entendo que, durante a investigação:

- a. Os procedimentos expostos acima são explicados para mim por Luiz Fernando Martins Krueel e/ou seus orientandos, Cristine Lima Alberton e bolsistas selecionados;
- b. Eu entendo que Luiz Fernando Martins Krueel e/ou seus orientandos, Cristine Lima Alberton e bolsistas, irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo a esses procedimentos;
- c. Estão envolvidos riscos de desconfortos, tais como dor e cansaço muscular temporários;
- d. Todos os dados relativos a minha pessoa irão ficar confidenciais e disponíveis apenas sob minha solicitação restrita. Além disso, eu entendo que no momento da publicação, não irá ser feita associação entre os dados publicados e a minha pessoa;
- e. Durante a filmagem subaquática, o meu rosto não aparecerá nas imagens. Após a reconstrução espacial do meu movimento para a análise cinemática, a fita ficará a minha disposição;
- f. Não há compensação financeira pela minha participação neste estudo;
- g. Posso fazer contato com o orientador do estudo Professor Luiz Fernando Martins Krueel e sua orientanda, acadêmica de doutorado Cristine Lima Alberton, para quaisquer problemas referentes a minha participação no estudo ou se eu sentir que há uma violação dos meus direitos, através do telefone (051) 3308-5820 e do e-mail tinialberton@yahoo.com.br. Além disso, posso entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo telefone (051) 3308-3629;
- h. Em qualquer instante durante o testes, eu tenho o direito de me recusar a prosseguir com os mesmos;
- i. Todos os procedimentos a que serei submetido serão conduzidos por profissionais, professores ou bolsistas com experiência prévia em todos os procedimentos.
- j. Caso ocorra alguma lesão ou emergência em decorrência dos testes, eu serei assistida pelos pesquisadores Luiz Fernando Martins Krueel, Cristine Lima Alberton ou bolsistas, que tem uma linha telefônica e um carro disponíveis para quaisquer eventualidades e todo o atendimento necessário será providenciado.

Porto Alegre \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2009.

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

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

## ANEXO B



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA  
CARTA DE APROVAÇÃO

proxpesq

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul analisou o projeto:

Número : 2008097

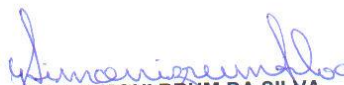
Título : RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS, NEUROMUSCULARES E FORÇAS DE IMPACTO DE EXERCÍCIOS DE HIDROGINÁSTICA

Pesquisador (es) :

<u>NOME</u>	<u>PARTICIPAÇÃO</u>	<u>EMAIL</u>	<u>FONE</u>
LUIZ FERNANDO MARTINS KRUEL	PESQ RESPONSÁVEL	kruel@esef.ufrgs.br	
CRISTINE LIMA ALBERTON	PESQUISADOR	tinialberton@yahoo.com.br	33085869

O mesmo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, reunião nº 53 , ata nº 133 , de 13/8/2009 , por estar adequado ética e metodologicamente e de acordo com a Resolução 196/96 e complementares do Conselho Nacional de Saúde.

Porto Alegre, segunda-feira, 17 de agosto de 2009

  
ILMA SIMONI BRUM DA SILVA  
Coordenador do CEP-UFRGS