

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

**COMPARAÇÃO DAS RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS,
NEUROMUSCULARES E CINEMÁTICAS DE UM EXERCÍCIO DE
HIDROGINÁSTICA EXECUTADO EM DIFERENTES
CADÊNCIAS COM E SEM EQUIPAMENTO**

Dissertação de Mestrado

Stephanie Santana Pinto

Porto Alegre, agosto de 2009.

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

Stephanie Santana Pinto

**COMPARAÇÃO DAS RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS,
NEUROMUSCULARES E CINEMÁTICAS DE UM EXERCÍCIO DE
HIDROGINÁSTICA EXECUTADO EM DIFERENTES
CADÊNCIAS COM E SEM EQUIPAMENTO**

Dissertação 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 Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl

Porto Alegre, agosto de 2009.

Stephanie Santana Pinto

**COMPARAÇÃO DAS RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS,
NEUROMUSCULARES E CINEMÁTICAS DE UM EXERCÍCIO DE
HIDROGINÁSTICA EXECUTADO EM DIFERENTES
CADÊNCIAS COM E SEM EQUIPAMENTO**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Educação Física
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano

Porto Alegre, agosto de 2009.

TRABALHO APRESENTADO EM BANCA E APROVADO POR:

Prof. Dr. Benedito Sérgio Denadai

Prof^a. Dr^a. Cláudia Silveira Lima

Prof^a. Dr^a. Flávia Gomes Martinez

Conceito final: A

Porto Alegre, 7 de agosto de 2009.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruel

Aluna: Stephanie Santana Pinto

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao Prof. Krueel pelas oportunidades desde a minha caminhada acadêmica até o presente momento. Agradeço por todos aprendizados nessa jornada e também pela convivência no dia-a-dia, o qual fortalece ainda mais a figura humana e dedicada desse professor.

Agradeço ao professores da minha banca examinadora, Prof. Dr. Denadai, Prof^a. Dr^a. Cláudia e Prof^a. Dr^a. Flávia, por todas contribuições realizadas em relação a minha dissertação tanto na qualificação quanto na defesa.

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

Às empresas MIOTEC e INBRAMED pela parceria e constante manutenção do eletromiógrafo e analisador de gases portátil, respectivamente.

Às componentes da amostra pela paciência e infinita colaboração durante a longa coleta de dados, em especial as meninas do projeto de extensão do GPAT.

Às minhas orientandas Giane, Nati, Paula e Débora pelo aprendizado e oportunidade de exercer a difícil, mas prazerosa, missão de orientar.

Aos meus colegas e principais colaboradores desse trabalho, Ana, Tini, Cadore e Dudu, sem vocês não seria possível concretizar esse sonho. Faço um agradecimento muito especial para o Dudu, por toda dedicação durante esse período e também por compartilhar comigo essa vitória.

Ao GPAT por todos os momentos ótimos.

À minha família querida, em especial aos meus pais, Eurico e Astéra, pelo amor incondicional e pelo exemplo de vida. Aos meus irmãos, em especial a Isa, pelo companheirismo e por serem tão corujas. Ao meu avô, o qual completou 90 anos, e é uma das pessoas mais cultas e bem resolvidas que conheço. A mais nova integrante da família, Maria Manoela, que veio trazer mais luz e alegria para todos.

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

RESUMO

COMPARAÇÃO DAS RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS, NEUROMUSCULARES E CINEMÁTICAS DE UM EXERCÍCIO DE HIDROGINÁSTICA EXECUTADO EM DIFERENTES CADÊNCIAS COM E SEM EQUIPAMENTO

Autora: Stephanie Santana Pinto

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl

O objetivo do presente estudo foi comparar as respostas cardiorrespiratórias, neuromusculares e cinemáticas durante o exercício de corrida estacionária com a flexão e extensão de cotovelo em diferentes cadências com e sem equipamento. A amostra desse estudo foi composta por 15 mulheres jovens que realizaram o exercício nas situações sem equipamento (SEM), com equipamento flutuante em ambos os membros (FLU-MSs/MIs) e com equipamento resistivo em ambos os membros (RES-MSs/MIs), nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e no máximo esforço. Para as cadências submáximas o exercício foi realizado durante 4 min em cada situação e no máximo esforço o mesmo foi realizado durante 15 s. Utilizou-se ANOVA de 2 e 3 fatores, com *post-hoc* de Bonferroni ($p < 0,05$) (SPSS vs 15.0). Os resultados da frequência cardíaca e do consumo de oxigênio mostraram haver diferenças significativas entre as situações FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs em comparação a SEM, com valores significativamente maiores para as situações de exercício com equipamento. Além disso, houve diferença entre as cadências de 80 e 100 bpm, com valores maiores e significativos para a cadência de 100 bpm. Para as variáveis de amplitude de movimento houve diferenças entre as cadências, com valores maiores de amplitude de movimento do quadril e joelho, conforme o incremento da cadência. Todavia, para a amplitude de movimento do cotovelo com o incremento da cadência houve uma diminuição da amplitude de movimento. Em relação a velocidade angular média de movimento do cotovelo, quadril e joelho houve diferenças significativas entre as cadências, com valores maiores para o máximo esforço. A velocidade angular média do quadril foi menor nas situações FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs em comparação a SEM. Para as variáveis neuromusculares, não houve diferenças entre as situações, com exceção do percentual da contração isométrica voluntária máxima (%CVM) do tríceps braquial, que foi maior na situação FLU-MSs/MIs. Entre as diferentes cadências submáximas não houve diferenças para todos os músculos analisados, todavia entre essas e o máximo esforço houve diferenças, com maiores %CVM para o máximo esforço. O %CVM do bíceps femoral foi o único que demonstrou diferenças entre todas as cadências testadas nesse estudo. Entre as fases de movimento não houve diferença, com exceção do %CVM do reto femoral, o qual foi maior na fase de extensão. Em suma, o exercício de corrida estacionária com a flexão e extensão de cotovelo apresentou maiores respostas cardiorrespiratórias com o uso de equipamento (flutuante e resistivo) e também com o aumento da cadência de execução. Todavia, as respostas neuromusculares não diferiram entre as cadências submáximas, mas essas foram significativamente maiores no máximo esforço.

Palavras-chave: equipamento, exercício aquático, frequência cardíaca, consumo de oxigênio, eletromiografia, velocidade angular média.

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

Autora: Stephanie Santana Pinto

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl

Título: Comparação das respostas cardiorrespiratórias, neuromusculares e cinemáticas de um exercício de hidroginástica executado em diferentes cadências com e sem equipamento

Porto Alegre, 2009

ABSTRACT**CARDIORESPIRATORY, NEUROMUSCULAR AND KINEMATIC RESPONSES TO A WATER EXERCISE PERFORMED AT DIFFERENT CADENCES WITH AND WITHOUT EQUIPMENT**

Author: Stephanie Santana Pinto

Advisor: Luiz Fernando Martins Krueel, Ph.D.

The purpose of the present study was to compare the cardiorespiratory, neuromuscular and kinematic responses during the stationary running with the elbow flexion/extension in different cadences with and without equipment. The sample consisted of fifteen young women that performed the exercise without equipment (NO-E), with floating equipment in upper and lower limbs (FLO-LLs/ULs) and with resistive equipment in upper and lower limbs (RES-LLs/ULs) at three cadences (80 bpm, 100 bpm and maximal effort). For submaximal cadences the exercise was performed during 4 min and during 15 s at maximal effort in each situation. The results were analyzed using repeated measures ANOVA (factors: cadence, situation, phase of movement) with the Bonferroni correction for post-hoc comparisons ($p < 0,05$) (SPSS vs 15.0). The heart rate and oxygen uptake showed significant differences between FLO-LLs/ULs and RES-LLs/ULs compared with NO-E and higher values of these variables was found in the situations with equipment. In addition, the results for cardiorespiratory responses demonstrated significant difference between submaximal cadences (80 and 100 bpm) with higher values of heart rate and oxygen uptake at 100 bpm. For the range of motion significant differences between cadences was showed with higher values of this variable for hip and knee according to the increment of the cadence. However, the range of motion for elbow decreased with the increment of the cadence. The angular velocity for elbow, hip and knee presented significant differences between cadences with higher values at maximal effort. Besides, the angular velocity for hip was minor in the situations FLO-LLs/ULs and RES-LLs/ULs compared with NO-E. For neuromuscular responses no significant differences were showed between situations, except the percentage of maximal voluntary contraction (%MVC) for triceps brachii that was major in FLO-LLs/ULs. Between the different submaximal cadences no significant differences was found for all muscles analyzed, however, between these submaximal cadences and maximal effort were found significant differences with higher values of the %MVC at maximal effort. The unique %MVC that demonstrated significant differences between all cadences analyzed in this study was for biceps femoris. Between the phases of movement (flexion and extension) no significant difference was showed for all muscles investigated, except for the %MVC for rectus femoris that was higher in extension phase. In conclusion, the stationary running with the elbow flexion/extension presented higher cardiorespiratory responses with equipment (floating and resistive) and also with the enhance at the cadence of execution. Nevertheless, neuromuscular responses showed no significant difference between submaximal cadences, but these responses were significantly higher at maximal effort.

Keywords: equipment, water exercise, heart rate, oxygen uptake, electromyography, angular velocity.

FEDERAL UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO SUL
POS GRADUATION PROGRAM ON HUMAN EXERCISES MOVEMENT
SCIENCE

Author: Stephanie Santana Pinto

Advisor: Luiz Fernando Martins Kruel, Ph.D.

Title: Cardiorespiratory, neuromuscular and kinematic responses to a water exercise performed at different cadences with and without equipment

Porto Alegre, 2009

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVO GERAL.....	6
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1. RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS DE EXERCÍCIOS DE HIDROGINÁSTICA.....	8
2.1.1. Comparação entre os meios aquático e terrestre.....	9
2.1.2. Comparação de exercícios de hidroginástica em diferentes situações e análise de sessões de hidroginástica.....	17
2.1.3. Exercícios de hidroginástica executados com equipamentos apropriados para o meio aquático.....	22
2.2. RESPOSTAS NEUROMUSCULARES DE EXERCÍCIOS REALIZADOS NO MEIO AQUÁTICO.....	25
2.2.1. Exercícios isométricos.....	25
2.2.2. Exercícios dinâmicos.....	30
2.2.2.1. Caminhada em piscina rasa.....	31
2.2.2.2. Caminhada em <i>flowmill</i>	35
2.2.2.3. Caminhada em piscina funda.....	39
2.2.2.4. Exercícios estacionários e/ou localizados.....	42
3 ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	49
3.1. AMOSTRA.....	49
3.1.1. Cálculo do tamanho da amostra.....	49
3.1.2. Critérios de inclusão.....	50
3.1.3. Critérios de exclusão.....	50
3.1.4. Procedimentos para seleção da amostra.....	50
3.1.5. Termo de consentimento livre esclarecido.....	51
3.2. VARIÁVEIS.....	51
3.2.1. Dependentes.....	51
3.2.2. Independentes.....	52
3.2.3. Controle.....	52
3.2.4. Variáveis de caracterização da amostra.....	53
3.2.5. Tratamento das variáveis independentes.....	53
3.3. INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....	54
3.3.1. Ficha de dados.....	54
3.3.2. Balança.....	54
3.3.3. Estadiômetro.....	55
3.3.4. Plicômetro.....	55
3.3.5. Esteira.....	55
3.3.6. Termômetro.....	55
3.3.7. Metrônomo.....	56
3.3.8. Variáveis cardiorrespiratórias.....	56
3.3.8.1. Analisador de gases portátil.....	56
3.3.8.2. Máscara.....	56
3.3.8.3. Sensor de batimentos cardíacos.....	57

3.3.8.4. Microcomputador para transmissão dos dados de VO ₂	57
3.3.9. Variáveis neuromusculares.....	57
3.3.9.1. Eletroestimulador.....	57
3.3.9.2. Eletromiógrafo.....	57
3.3.9.3. Eletrodos de superfície.....	58
3.3.9.4. Adesivos oclusivos.....	58
3.3.9.5. Silicone.....	58
3.3.9.6. Secador.....	58
3.3.9.7. Multímetro digital.....	59
3.3.9.8. Goniômetro.....	59
3.3.9.9. Microcomputador para transmissão das variáveis Neuromusculares.....	59
3.3.10. Variáveis cinemáticas.....	59
3.3.10.1. Sistema de filmagem.....	59
3.3.10.2. Fitas.....	60
3.3.10.3. Adesivos refletivos.....	60
3.3.10.4. Alinhamento da cinemática com a eletromiografia.....	60
3.4. PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS.....	60
3.4.1. Caracterização da amostra.....	60
3.4.2. Familiarização da amostra.....	62
3.4.3. Protocolo de testes aquáticos.....	62
3.4.3.1. Calibração do analisador de gases.....	63
3.4.3.2. Preparação da pele e posicionamento dos eletrodos.....	64
3.4.3.3. Isolamento dos eletrodos.....	65
3.4.3.4. Posicionamento dos adesivos refletivos.....	66
3.4.3.5. Determinação do VO ₂ em repouso.....	67
3.4.3.6. Contração isométrica voluntária máxima (CVM).....	68
3.4.3.7. Determinação das variáveis durante o exercício.....	70
3.5. TRATAMENTO DOS DADOS.....	72
3.5.1. Dados cardiorrespiratórios.....	72
3.5.2. Dados cinemáticos.....	72
3.5.3. Dados neuromusculares.....	75
3.5.3.1. Tratamento do Sinal EMG nas situações e cadências.....	76
3.6. DESENHO EXPERIMENTAL.....	78
3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	79
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	81
4.2. RESULTADOS EM RELAÇÃO À EFICÁCIA DO PROTOCOLO.....	81
4.2.1. Respostas de consumo de oxigênio em repouso.....	81
4.2.2. Respostas da contração isométrica voluntária máxima (CVM).....	82
4.2.3. Respostas da duração de uma repetição de exercício nas diferentes cadências e situações.....	83
4.3. RESULTADOS DURANTE O PROTOCOLO DE TESTES AQUÁTICOS.....	86
4.3.1. Respostas cardiorrespiratórias em exercício.....	86
4.3.1.1. Discussão das respostas cardiorrespiratórias em exercício.....	87
4.3.2. Respostas cinemáticas em exercício.....	89
4.3.2.1. Discussão das respostas cinemáticas em exercício.....	100
4.3.3. Respostas neuromusculares em exercício.....	105
4.3.3.1. Discussão das respostas neuromusculares em exercício.....	110
5 CONCLUSÕES E APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	115
5.1. CONCLUSÕES.....	115

5.2. APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	116
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
ANEXOS.....	127
ANEXO A: CÁLCULO DO TAMANHO DA AMOSTRA.....	127
ANEXO B: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE INFORMADO.....	129
ANEXO C: CARTA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA....	131
ANEXO D: FICHA DE DADOS INDIVIDUAIS.....	132
ANEXO E: FICHA DE COLETA DE DADOS-Teste de Esforço Máximo.....	133
ANEXO F: FICHA DE COLETA DE DADOS.....	134
ANEXO G: NORMALIDADE DOS DADOS.....	138

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	(A) Equipamento flutuante e (B) equipamento resistivo.....	53
Figura 2 –	Sessão inicial para caracterização da amostra.....	61
Figura 3 –	Desenho esquemático da sessão experimental.....	63
Figura 4 –	Depilação, abrasão e limpeza da pele.....	64
Figura 5 –	Determinação da ZI através da eletroestimulação.....	65
Figura 6 –	Isolamento dos eletrodos de superfície.....	66
Figura 7 –	(A) Coleta do VO_2 em repouso no meio terrestre e (B) na superfície da água.....	67
Figura 8 –	Execução da CVM no meio aquático e no meio terrestre contra uma resistência fixa.....	68
Figura 9 –	Corrente acoplada para realização da CVM contra uma resistência fixa.....	70
Figura 10 –	Execução do exercício sobre redutores de profundidade.....	71
Figura 11 –	Filmagem através dos visores subaquáticos.....	71
Figura 12 –	(A) Exemplo do gráfico da posição angular do cotovelo x tempo, (B) posição angular do joelho x tempo e (C) posição angular do quadril x tempo, de uma das participantes da amostra, no exercício executado em 100 bpm na situação SEM.....	74
Figura 13 –	Exemplo do recorte do sinal EMG do músculo TB durante a CVM pré-protocolo de uma das participantes da amostra.....	76
Figura 14 –	(A) Exemplo do recorte por repetição e por (B) fase do sinal EMG do músculo BB, durante a execução do exercício em 80 bpm na situação SEM, para uma das participantes da amostra.....	77
Figura 15 –	(A) Comportamento da interação cadência*situação para a duração de repetição do cotovelo e (B) quadril nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço para as situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs.....	84
Figura 16 –	(A) Comportamento da interação cadência*situação para a duração de repetição do cotovelo e (B) quadril nas situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs para as cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço.....	85
Figura 17 –	(A) Comportamento da frequência cardíaca (FC), (B) percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{máx}$), (C) consumo de oxigênio (VO_2) e (D) percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2máx}$) para as diferentes situações executadas nas cadências de 80 e 100 bpm.....	87
Figura 18 –	(A) Comportamento da amplitude de movimento do cotovelo (ADMC) nas situações SEM, (B) FLU-MSs/MIs, (C) RES-MSs/MIs, (D) amplitude de movimento do quadril (ADMQ) nas situações SEM, (E) FLU-MSs/MIs, (F) RES-MSs/MIs para as diferentes cadências executadas nas fases de flexão e extensão....	92
Figura 19 –	Comportamento da interação cadência*situação para a amplitude de movimento do joelho (ADMJ) nas situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs para as cadências de 80 bpm, 100	

	bpm e máximo esforço, com os valores médios totais.....	93
Figura 20 –	(A) Comportamento da interação cadência*fase para a velocidade angular média do cotovelo (VAMC) e (B) velocidade angular média do quadril (VAMQ) nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço para as fases de flexão e extensão, com os valores médios totais.....	93
Figura 21 –	Comportamento da interação cadência*situação*fase para a velocidade angular média do joelho (VAMJ) nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço para as situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs nas fases de flexão e extensão.....	94
Figura 22 –	(A) Comportamento da amplitude de movimento do cotovelo (ADMC) nas cadências de 80 bpm, (B) 100 bpm, (C) máximo esforço, (D) amplitude de movimento do quadril (ADMQ) nas de cadências 80 bpm, (E) 100 bpm e (F) máximo esforço para as diferentes situações executadas nas fases de flexão e extensão.....	95
Figura 23 –	Comportamento da interação cadência*situação para a amplitude de movimento do joelho (ADMJ) nas situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs para as cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço, com os valores médios totais.....	96
Figura 24 –	(A) Comportamento da velocidade angular média do cotovelo (VAMC) nas cadências de 80 bpm, (B) 100 bpm, (C) máximo esforço, (D) velocidade angular média do quadril (VAMQ) nas cadências de 80 bpm, (E) 100 bpm e (F) máximo esforço para as diferentes situações executadas nas fases de flexão e extensão.....	97
Figura 25 –	Comportamento da interação cadência*situação*fase para a velocidade angular média do joelho (VAMJ) nas situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs para as cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço nas fases de flexão e extensão.....	98
Figura 26 –	(A) Comportamento da interação cadência*fase para a velocidade angular média do cotovelo (VAMC) e (B) velocidade angular média do quadril (VAMQ) nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço para as fases de flexão e extensão, com os valores médios totais.....	99
Figura 27 –	Comportamento da interação cadência*situação*fase para a velocidade angular média do joelho (VAMJ) nas situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs para as cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço nas fases de flexão e extensão.....	100
Figura 28 –	(A) Comportamento do percentual da contração isométrica voluntária máxima dos músculos bíceps braquial (%CVM BB),(B) tríceps braquial (%CVM TB), (C) reto femoral (%CVM RF) e (D) bíceps femoral (%CVM BF) para as diferentes situações executadas nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço.....	106
Figura 29 –	Comportamento da interação situação*fase para o percentual da contração isométrica voluntária máxima do músculo bíceps femoral (%CVM BF) nas fases de flexão e extensão para as situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs, com os valores médios totais.....	109
Figura 30 –	Comportamento do percentual da contração isométrica voluntária máxima do músculo reto femoral (%CVM RF) para	

as diferentes situações executadas nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço nas fases de flexão e extensão.....	110
--	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Valores médios (\pm EP) do <i>root mean square</i> dos músculos bíceps braquial (BB), tríceps braquial (TB), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF), e, da produção de força dos flexores do cotovelo (FLC), extensores do cotovelo (EXC), flexores do quadril (FLQ) e extensores do quadril (EXQ) durante a CVM nos meios aquático e terrestre.....	69
Tabela 2 –	Caracterização da amostra: médias, erros-padrão da média (EP), valores mínimos e máximos das variáveis idade, estatura, massa corporal, massa corporal magra, gordura corporal, frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$) e consumo de oxigênio máximo ($VO_{2máx}$).....	81
Tabela 3 –	Teste T pareado para o consumo de oxigênio (VO_2) entre as situações de repouso 1 (Rep1) e repouso 2 (Rep2).....	82
Tabela 4 –	Teste T pareado e coeficiente de correlação intraclasses (ICC) para a variável contração isométrica voluntária máxima dos músculos bíceps braquial (BB), tríceps braquial (TB), reto femoral (RF) e bíceps femoral (BF) entre as situações pré e pós-protocolo.....	82
Tabela 5 –	Análise de variância dos efeitos principais cadência (Cad) e situação (Sit) e do fator de interação (Cad*Sit): médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis duração de repetição do cotovelo e duração de repetição do quadril para as diferentes situações executadas nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço.....	83
Tabela 6 –	Desdobramento da interação cadência*situação, avaliando o fator cadência para as variáveis duração de repetição do cotovelo e duração de repetição do quadril.....	84
Tabela 7 –	Desdobramento da interação cadência*situação, avaliando o fator situação para as variáveis duração de repetição do cotovelo e duração de repetição do quadril.....	84
Tabela 8 –	Análise de variância dos efeitos principais cadência (Cad) e situação (Sit) e do fator de interação (Cad*Sit): médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis frequência cardíaca (FC), percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{máx}$), consumo de oxigênio (VO_2) e percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2máx}$) para as diferentes situações executadas nas cadências de 80 e 100 bpm.....	86
Tabela 9 –	Análise descritiva dos resultados: médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis amplitude de movimento do cotovelo (ADMC), amplitude de movimento do quadril (ADMQ), amplitude de movimento do joelho (ADMJ), velocidade angular média do cotovelo (VAMC), velocidade angular média do quadril (VAMQ) e velocidade angular média do joelho (VAMJ) para as fases de flexão e extensão nas diferentes situações	

	executadas nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço.....	90
Tabela 10 –	Análise de variância dos fatores principais cadência (Cad), situação (Sit) e fase e dos fatores de interação para as variáveis amplitude de movimento do cotovelo (ADMC), amplitude de movimento do quadril (ADMQ), amplitude de movimento do joelho (ADMJ), velocidade angular média do cotovelo (VAMC), velocidade angular média do quadril (VAMQ) e velocidade angular média do joelho (VAMJ).....	90
Tabela 11 –	Desdobramento da interação cadência*situação, avaliando o fator cadência para a variável amplitude de movimento do joelho (ADMJ).....	92
Tabela 12 –	Desdobramento da interação cadência*fase, avaliando o fator cadência para a variável velocidade angular média do cotovelo (VAMC) e velocidade angular média do quadril (VAMQ).....	93
Tabela 13 –	Desdobramento da interação cadência*situação*fase, avaliando o fator cadência para a variável velocidade angular média do joelho (VAMJ).....	94
Tabela 14 –	Desdobramento da interação cadência*situação, avaliando o fator situação para a variável amplitude de movimento do joelho (ADMJ).....	96
Tabela 15 –	Desdobramento da interação cadência*situação*fase, avaliando o fator situação para a variável velocidade angular média do joelho (VAMJ).....	97
Tabela 16 –	Desdobramento da interação cadência*fase, avaliando o fator fase para a variável velocidade angular média do cotovelo (VAMC) e velocidade angular média do quadril (VAMQ).....	99
Tabela 17 –	Desdobramento da interação cadência*situação*fase, avaliando o fator fase para a variável velocidade angular média do joelho (VAMJ).....	99
Tabela 18 –	Análise de variância dos efeitos principais cadência (Cad) e situação (Sit) e do fator de interação (Cad*Sit): médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis percentual da contração isométrica voluntária máxima dos músculos bíceps braquial (%CVM BB), tríceps braquial (%CVM TB), reto femoral (%CVM RF) e bíceps femoral (%CVM BF) para as diferentes situações nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço...	105
Tabela 19 –	Análise descritiva dos resultados: médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis das variáveis percentual da contração isométrica voluntária máxima dos músculos bíceps braquial (%CVM BB), tríceps braquial (%CVM TB), reto femoral (%CVM RF) e bíceps femoral (%CVM BF) para as fases de flexão e extensão nas diferentes situações executadas nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço.....	107
Tabela 20 –	Análise de variância dos fatores principais cadência (Cad), situação (Sit) e fase e dos fatores de interação para as variáveis percentual da contração isométrica voluntária máxima (%CVM) dos músculos bíceps braquial (BB), tríceps braquial (TB), reto femoral (RF) e bíceps femoral (BF).....	108
Tabela 21 –	Desdobramento da interação situação*fase, avaliando o fator	

	situação para a variável percentual da contração isométrica voluntária máxima do bíceps femoral (%CVM BF).....	109
Tabela 22 –	Desdobramento da interação situação*fase, avaliando o fator fase para a variável percentual da contração isométrica voluntária máxima do bíceps femoral (%CVM BF).....	110

1 INTRODUÇÃO

Os exercícios físicos realizados no meio aquático na posição vertical, tal como a hidroginástica, estão sendo cada vez mais indicados devido aos seus benefícios à saúde (Eckerson & Anderson, 1992; Krueel, 2000). Essa modalidade pode promover melhoria nos diversos componentes da aptidão física, como na força (Petrick et al., 2001; Pöyhönen et al., 2002; Takeshima et al., 2002; Cardoso et al., 2004; Krueel et al., 2005; Tsourlou et al., 2006, Sato et al., 2008), habilidade para desenvolver as atividades de vida diária (Bocalini et al., 2008; Sato et al., 2008), flexibilidade (Takeshima et al., 2002; Alves et al., 2004), composição corporal (Takeshima et al., 2002) e condicionamento cardiorrespiratório (Avellini et al., 1983, Taunton et al., 1996; Takeshima et al., 2002), quando prescrita adequadamente para tais objetivos. Além disso, os exercícios realizados na água apresentam um reduzido impacto comparado com o meio terrestre (Krueel, 2000; Miyoshi et al., 2004) e um possível comportamento de frequência cardíaca e pressão arterial mais baixos (Nakanishi et al., 1999; Srámek et al., 2000).

Pode-se afirmar que os benefícios proporcionados no condicionamento geral do corpo por um programa de exercícios realizado no meio aquático estão relacionados com as diferentes formas que os profissionais exploram as propriedades físicas da água. Dentre essas propriedades destaca-se a resistência ao avanço (R), que pode ser expressa como $R = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \cdot Cd$, onde, ρ é a densidade do fluido, A é a área de superfície projetada, v é a velocidade do movimento e Cd é o coeficiente de arrasto (Pöyhönen et al., 2000). Dentro da perspectiva da equação dos fluidos descrita acima, nas

modalidades realizadas no meio aquático, podem-se utilizar exercícios que proporcionam uma maior resistência ao avanço, com conseqüente incremento de intensidade dos mesmos. Esse incremento de intensidade pode ser adquirido através do aumento da velocidade de execução e/ou através da alteração da área projetada, a qual é modificada pela utilização do corpo de diferentes formas na água e também pela execução de exercícios com o uso de equipamentos que promovam resistência ao movimento (Pinto et al., 2007; Alberton et al., 2009a).

No que se refere à utilização de equipamentos que promovam resistência ao movimento, alguns estudos analisaram os efeitos de um treinamento de força no meio aquático com um grupo treinando sem equipamento e outro com equipamento resistivo, ambos executando determinados movimentos na velocidade máxima de execução (Cardoso et al., 2004; Krueel et al., 2005). Os resultados mostraram que houve um incremento de força similar em ambos os grupos, o que, provavelmente, pode ser explicado pelo fato dos indivíduos executarem os movimentos com o equipamento resistivo em uma velocidade máxima menor do que sem o uso de tal equipamento, proporcionando assim uma resistência ao avanço similar (Krueel et al., 2005).

Em contrapartida, quando se analisam as respostas cardiorrespiratórias durante a execução de exercícios na posição vertical com equipamentos que também promovam resistência ao movimento, destacam-se dois estudos recentes da literatura que encontraram respostas agudas positivas com o uso de tais equipamentos em intensidades submáximas de exercício. Pinto et al. (2006) verificaram as respostas cardiorrespiratórias de dois exercícios de hidrogenástica executados em uma cadência fixa submáxima, com e sem o uso de dois equipamentos resistivos nos membros inferiores. Os resultados mostraram que houve um aumento significativo do consumo de oxigênio (VO_2) e da frequência cardíaca (FC) com o uso de ambos os equipamentos

para um dos exercícios analisados, em comparação a execução do mesmo sem equipamento.

Em outro estudo de Pinto et al. (2008), foram analisados os efeitos da utilização de equipamento resistivo nas respostas cardiorrespiratórias e no índice de esforço percebido (IEP) em quatro situações: sem equipamento resistivo, com equipamento nos membros superiores, com equipamento nos membros inferiores e com equipamento nos membros superiores e inferiores. Os resultados demonstraram que a utilização do equipamento *AquaFins* nas diferentes situações aumentou as respostas cardiorrespiratórias e o IEP para uma cadência submáxima de execução, sendo que a situação que apresentou um maior aumento de todas as variáveis analisadas no estudo foi aquela com a execução do exercício com o *AquaFins* em ambos os membros. Cabe lembrar que os estudos supracitados apenas analisaram as respostas cardiorrespiratórias de exercícios de hidroginástica com o uso de equipamentos resistivos executados em cadências submáximas fixas.

Em relação às respostas neuromusculares de exercícios realizados no meio aquático com a utilização de diferentes equipamentos, pode-se dizer que a literatura também é escassa. Entretanto, é importante destacar os estudos de Pöyhönen et al. (2001a) e de Black (2005), os quais analisaram a atividade eletromiográfica nos movimentos de flexão e extensão de joelho e quadril, respectivamente, em velocidade máxima com utilização ou não de um equipamento resistivo no meio aquático. Os resultados de Pöyhönen et al. (2001a) demonstraram que a utilização do equipamento incrementou significativamente o nível de resistência da água, entretanto a amplitude do sinal eletromiográfico foi semelhante nas duas condições. Além disso, o mesmo estudo demonstrou que as velocidades angulares e lineares de flexão e extensão de joelho foram menores durante a execução do exercício com o equipamento. No estudo de

Black (2005) também não foi encontrada diferença na amplitude do sinal eletromiográfico entre as situações de uso ou não de equipamento na velocidade máxima de execução. Todavia, quando o mesmo exercício foi realizado nas cadências submáximas de 40 e 80 bpm foi encontrado um aumento do sinal eletromiográfico para um dos músculos analisados com a utilização do equipamento quando comparado com a situação de executar o exercício sem equipamento.

Outro aspecto importante que foi ressaltado em poucos estudos com a atividade muscular no meio aquático, é que, embora esse meio apresente uma resistência multidirecional que produz uma ativação concêntrica em todos os sentidos do movimento, esse meio também pode proporcionar uma ativação precoce da musculatura antagonista (ativação excêntrica) na execução de determinados exercícios. Os estudos de Pöyhönen et al. (2001a), Pöyhönen et al. (2001b) e Alberton et al. (2006), que analisaram a atividade de musculaturas antagonistas durante a realização de exercícios localizados no meio aquático demonstraram essa mudança no padrão de movimento com a ativação precoce de músculos antagonistas em situações específicas. Entretanto, esses estudos ainda são escassos na literatura, e suas respostas não são aprofundadas em velocidades submáximas.

No que se refere à utilização de equipamentos flutuantes durante a execução de exercícios no meio aquático, apenas um estudo na literatura pesquisada descreve as respostas fisiológicas de um exercício específico de hidroginástica executado com halteres flutuantes. Esse estudo demonstrou que as respostas de FC não diferem entre a situação de uso ou não de halteres flutuantes, ao passo, que a concentração de lactato sanguíneo foi maior na situação de executar o exercício com halteres flutuantes. Assim como nos estudos com equipamento resistivo, esse exercício foi analisado em uma cadência submáxima.

Empiricamente sabe-se que esses equipamentos, como halteres e caneleiras flutuantes, são muito utilizados em aulas de hidroginástica com intuito de gerar uma sobrecarga no exercício realizado contra o empuxo. No meio aquático a força de empuxo atua no sentido contrário à força gravitacional da terra (McGinnis, 2005), logo influencia de forma efetiva o uso de qualquer equipamento que flutue na água. Apesar de não existirem estudos na literatura pesquisada que investiguem as respostas de atividade muscular com esses equipamentos, sabe-se que os mesmos geram uma maior resistência aos movimentos executados no sentido vertical. Todavia, pelo efeito da flutuação facilitar o movimento o qual é realizado no sentido da força de empuxo (de baixo para cima), possivelmente o equipamento flutuante não apresente uma atividade muscular similar entre os músculos agonistas e antagonistas de um determinado movimento realizado na vertical. Contudo, não há uma argumentação científica em relação às respostas neuromusculares e cinemáticas com o uso de equipamentos flutuantes.

Dentro desse contexto e também pela crescente aplicação das atividades aquáticas, justifica-se a necessidade de se obter um melhor conhecimento das respostas cardiorrespiratórias, neuromusculares e cinemáticas de exercícios executados em diferentes cadências com a utilização de equipamentos apropriados para o meio aquático.

Dessa forma, elaborou-se o seguinte problema: Existe diferença entre as respostas cardiorrespiratórias, neuromusculares e cinemáticas de um exercício de hidroginástica executado por mulheres em diferentes cadências com e sem equipamento?

1.1. OBJETIVO GERAL

Comparar as respostas cardiorrespiratórias, neuromusculares e cinemáticas em mulheres executando o exercício de corrida estacionária com a flexão e extensão de cotovelo em diferentes cadências com e sem equipamento.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a frequência cardíaca, o percentual da frequência cardíaca máxima, o consumo de oxigênio e o percentual do consumo de oxigênio máximo de mulheres jovens executando o exercício de corrida estacionária com a flexão e extensão de cotovelo em diferentes cadências com e sem equipamento.
- Determinar a amplitude de movimento e a velocidade angular média do cotovelo, quadril e joelho de mulheres jovens executando o exercício de corrida estacionária com a flexão e extensão de cotovelo em diferentes cadências com e sem equipamento nas duas fases de movimento.
- Determinar a amplitude do sinal eletromiográfico, através do recorte da repetição, dos músculos bíceps braquial (cabeça curta), tríceps braquial (cabeça lateral), reto femoral e bíceps femoral (cabeça longa), expressos como percentual da contração isométrica voluntária máxima, de mulheres jovens executando o exercício de corrida estacionária com a flexão e extensão de cotovelo em diferentes cadências com e sem equipamento.
- Determinar a amplitude do sinal eletromiográfico, através do recorte de fase, dos músculos bíceps braquial (cabeça curta), tríceps braquial (cabeça lateral), reto femoral e bíceps femoral (cabeça longa), expressos como percentual da contração

isométrica voluntária máxima, de mulheres jovens executando o exercício de corrida estacionária com a flexão e extensão de cotovelo em diferentes cadências com e sem equipamento nas duas fases de movimento.

- Comparar as respostas de frequência cardíaca, percentual da frequência cardíaca máxima, consumo de oxigênio, percentual do consumo de oxigênio máximo, amplitude de movimento (cotovelo, quadril, joelho), velocidade angular média (cotovelo, quadril, joelho) e percentual da contração isométrica voluntária máxima (bíceps braquial, tríceps braquial, reto femoral, bíceps femoral) de mulheres jovens no exercício de corrida estacionária com a flexão e extensão de cotovelo entre as situações com e sem equipamento.
- Comparar as respostas de frequência cardíaca, percentual da frequência cardíaca máxima, consumo de oxigênio, percentual do consumo de oxigênio máximo, amplitude de movimento (cotovelo, quadril, joelho), velocidade angular média (cotovelo, quadril, joelho) e percentual da contração isométrica voluntária máxima (bíceps braquial, tríceps braquial, reto femoral, bíceps femoral) de mulheres jovens no exercício de corrida estacionária com a flexão e extensão de cotovelo entre as diferentes cadências.
- Comparar a amplitude de movimento (cotovelo, quadril, joelho), velocidade angular média (cotovelo, quadril, joelho) e percentual da contração isométrica voluntária máxima (bíceps braquial, tríceps braquial, reto femoral, bíceps femoral) de mulheres jovens no exercício de corrida estacionária com a flexão e extensão de cotovelo entre as duas fases de movimento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1. RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS DE EXERCÍCIOS DE HIDROGINÁSTICA

Uma série de estudos foi desenvolvida ao longo dos últimos anos com o intuito de analisar possíveis variações da FC e VO_2 durante a execução de exercícios máximos e submáximos no meio aquático. Entre estas atividades destaca-se a hidroginástica, a qual vem sendo investigada em diferentes abordagens metodológicas, com estudos comparando os exercícios realizados no meio aquático e terrestre (Johnson et al., 1977; Heberlein et al., 1987; Cassady & Nielsen, 1992; Darby & Yaekle, 2000; Heithold & Glass, 2000; Krueel, 2000; Benelli et al., 2004; Alberton et al., 2005; Alberton et al., 2009a; Alberton et al., 2009b; Krueel et al., 2009b), comparando exercícios de hidroginástica em diversas ocasiões (Alberton et al., 2007; Alberton et al., 2008a), analisando as respostas cardiorrespiratórias de uma determinada sessão de hidroginástica (Eckerson & Anderson, 1992; D' Acquisto et al., 2001; Campbell et al., 2003; Krueel et al., 2009a) e, mais recentemente, estudos verificando as mesmas respostas com o uso de equipamentos apropriados para o meio aquático (Pinto et al., 2006; Costa et al., 2008; Pinto et al., 2008; Souza et al., 2009).

2.1.1. Comparação entre os meios aquático e terrestre

Ao comparar diferentes meios, os resultados das pesquisas são controversos devido às abordagens metodológicas utilizadas, as quais utilizam diferentes exercícios e diferentes intensidades de execução dos mesmos.

O estudo de Johnson et al. (1977) analisou o comportamento da FC e do VO_2 de oito indivíduos, sendo quatro mulheres e quatro homens, durante dois exercícios localizados de hidroginástica, realizados no meio aquático (profundidade dos ombros) e no meio terrestre. O exercício de membros superiores foi realizado na cadência de 66 bpm, com a abdução e adução e flexão e extensão de ombros de 0 a 90°. E, o exercício de membros inferiores foi realizado na cadência de 58 bpm, com a flexão e extensão do quadril, com os joelhos estendidos. Primeiramente, os indivíduos realizaram um dos exercícios durante 2 min na terra, executaram um intervalo de 10 min para que a FC retornasse aos níveis do pré-exercício, e executaram o mesmo exercício no meio aquático. Os exercícios de membros superiores e inferiores foram executados em dias separados. Os resultados demonstraram que a FC, para os homens, aumentou de 77 bpm (repouso) para 92 bpm durante o exercício de membros superiores realizado no meio terrestre, e, no meio aquático, para os mesmos exercícios, a FC aumentou de 60 bpm (repouso) para 99 bpm. Para os exercícios de membros inferiores, a FC, no meio terrestre, variou entre 76 bpm e 124 bpm, e, no meio aquático entre 60 bpm e 139 bpm. As mulheres apresentaram um comportamento de FC similar ao dos homens. Para o VO_2 , o meio aquático exigiu maiores valores do mesmo em comparação ao meio terrestre, sendo que nos exercícios de membros superiores e inferiores realizados pelos homens no meio aquático, o VO_2 aumentou significativamente 6,94 e 8,50 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, respectivamente, em comparação aos valores do meio terrestre. Para as mulheres o

aumento, dessa variável nos exercícios de membros superiores e inferiores, foi de 6,25 e 5,43 ml.kg⁻¹.min⁻¹, respectivamente. Na comparação entre os sexos, foi observado que o VO₂ dos homens foi significativamente mais elevado do que o das mulheres. Sendo assim, os resultados de VO₂ na comparação entre meios podem ser explicados pelo fato de que o mesmo exercício foi realizado em uma cadência submáxima fixa em ambos os meios, dessa forma a resistência ao movimento no meio aquático foi maior, ocasionando conseqüentemente maiores respostas dessa variável tanto nos exercícios de membros inferiores quanto nos exercícios de membros superiores.

Corroborando com o estudo anterior, Cassady & Nielsen (1992) também analisaram o comportamento da FC e do VO₂ de 40 indivíduos (20 homens e 20 mulheres), em exercícios localizados de hidroginástica, realizados no meio aquático (profundidade dos ombros) e no meio terrestre. Os exercícios foram semelhantes aos realizados por Johnson et al. (1977), porém, para os membros superiores foi realizado o movimento de abdução e adução de ombros, combinado com a flexão e extensão horizontal de ombros, e, o exercício de membros inferiores foi o movimento de flexão e extensão de quadril executado alternadamente com os joelhos estendidos. Esses exercícios foram executados durante 3 min nas cadências de 60, 80 e 100 bpm, com intervalos de 1 a 2 min. A FC foi analisada em percentual da frequência cardíaca máxima estimada (220 – idade) (%FC_{máx}), sendo que os resultados demonstraram que as mulheres apresentaram um maior %FC_{máx} do que os homens, com exceção do exercício de membros superiores executado em meio aquático na cadência de 100 bpm. Para cada cadência testada, os sujeitos atingiram maiores %FC_{máx} durante o exercício de membros inferiores em comparação ao de membros superiores. Na cadência de 60 e 80 bpm, o %FC_{máx} foi maior no meio terrestre em comparação ao aquático. O VO₂ aumentou sistematicamente com o aumento da cadência, e os homens demonstraram

maiores valores do que as mulheres, tanto no meio aquático quanto no meio terrestre. Essas diferenças entre os sexos são devido à tendência de as mulheres apresentarem um maior percentual de gordura e membros geralmente menores e mais curtos que os homens, oferecendo assim menor resistência às forças hidrodinâmicas. O exercício de membros inferiores atingiu uma maior intensidade para cada cadência testada quando comparado com o mesmo de membros superiores, e, isso ocorre pelo fato de os membros inferiores representarem uma maior massa muscular a ser vencida contra a resistência da água. Além disso, os exercícios apresentaram maiores valores de VO_2 na água em comparação com os da terra.

Com uma abordagem metodológica um pouco diferente, Darby & Yaekle (2000), analisaram a FC e o VO_2 de 12 mulheres jovens realizando dois tipos de exercício de hidroginástica no meio aquático e terrestre. Os dois tipos de exercício foram o chute frontal alternadamente com as mãos apoiadas no quadril e o mesmo chute frontal, mas simultaneamente com a flexão e extensão horizontal de ombros. Esses exercícios foram realizados em um teste progressivo por cadência, com aumentos da mesma de quatro bpm a cada 3 min. Os sujeitos realizaram o teste até a exaustão ou até quando a cadência de execução dos exercícios não era mais mantida. Os resultados demonstraram que a FC não diferiu entre os meios, sendo que esse resultado já era esperado, pois o ritmo do exercício foi ajustado no meio aquático com o intuito que houvesse um trabalho fisiológico similar para cada participante entre os dois ambientes em que o exercício foi executado. Para o VO_2 , o exercício somente de pernas foi aproximadamente $2,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ maior no meio aquático do que na terra. O exercício de braços e pernas na primeira cadência do teste, também apresentou maiores valores de VO_2 no meio aquático em comparação ao terrestre. Sendo assim, os autores concluíram que os exercícios no meio aquático apresentaram maiores valores de VO_2 , mas com um

comportamento de FC similar aos mesmos exercícios executados no meio terrestre. Esse aumento do VO_2 pode ser devido ao aumento da resistência da água contra os membros superiores e inferiores durante a execução dos exercícios.

Contrariando os resultados do estudo descrito acima, Krueger et al. (2009b) compararam as respostas cardiorrespiratórias máximas e no limiar anaeróbico (LAN) do exercício de corrida estacionária executado no meio terrestre e aquático. Além disso, compararam esses resultados com um teste de esforço máximo executado em esteira rolante e também compararam os métodos de determinação do LAN (limiares ventilatórios e curva de Conconi). Para tanto, nove mulheres jovens realizaram o teste máximo em esteira rolante, a corrida estacionária no meio aquático e a mesma no meio terrestre, com intervalo mínimo de 48 h. A corrida estacionária foi realizada durante 2 min em cada cadência pré-determinada, até que o indivíduo atingisse o máximo esforço. Para o meio terrestre, as cadências variaram entre 55 e 205 bpm, e, para o meio aquático, entre 85 e 205 bpm. Em ambos os meios foi realizado um incremento de 15 bpm a cada 2 min de exercício. Os resultados mostraram que houve diferença significativa entre a $FC_{máx}$ e a FC no LAN na corrida estacionária executada no meio aquático em comparação ao protocolo de corrida estacionária no meio terrestre e ao protocolo em esteira rolante, sendo que no meio aquático a FC foi menor. Todavia, para o consumo de oxigênio máximo ($VO_{2máx}$) e VO_2 no LAN não foram encontradas diferenças significativas entre os protocolos de corrida estacionária executados no meio aquático e terrestre, mas esses diferiram do protocolo em esteira rolante. Além disso, não houve diferença significativa entre os métodos de determinação do LAN. Dessa forma, pode-se concluir que a FC foi menor no meio aquático, mesmo quando o exercício executado foi o mesmo (corrida estacionária), mostrando assim que o meio realmente influencia as respostas dessa variável. Ao passo que o VO_2 parece ser

influenciado diretamente pelo tipo de exercício, visto que as respostas dessa variável foram semelhantes para o protocolo de corrida estacionária executado no meio aquático e terrestre. Ainda é importante destacar, que a curva de Conconi pode ser uma alternativa para determinação do LAn a partir do ponto de deflexão da FC no exercício de corrida estacionária em ambos os meios.

Sendo assim, esse maior VO_2 no meio aquático encontrado nos estudos de Johnson et al. (1977), Cassady & Nielsen (1992) e Darby & Yaekle (2000) pode ser explicado pelos exercícios realizados. Tanto para membros superiores como inferiores, os movimentos foram 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, lembrando que a água é muito mais densa que o ar, com valores que correspondem a 1000 e 1,2 kg.m^{-3} , respectivamente (McGinnis, 2005). Por outro lado, o estudo de Krueel et al. (2009b) demonstrou que o VO_2 em um teste progressivo máximo similar, executado no meio terrestre e aquático, apresentou valores semelhantes de $\text{VO}_{2\text{máx}}$.

Contrapondo os estudos supracitados, Heberlein et al. (1987) analisaram as respostas de FC e VO_2 de 10 mulheres, executando rotinas idênticas de dança aeróbica no meio aquático e terrestre. Os exercícios em ambos os meios apresentavam a mesma duração, música e seqüência. Essa rotina foi realizada durante 8 min em cada meio, com intervalo de 30 min. Os resultados mostraram que as respostas de FC e VO_2 foram significativamente menores no meio aquático (FC: 143 ± 2 bpm; VO_2 : $19,0 \pm 5$ $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) em comparação ao terrestre (FC: 170 ± 6 bpm; VO_2 : $27,7 \pm 2$ $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$). Esses resultados possivelmente podem ser explicados pelo fato de que no meio aquático

o ritmo de execução foi menor do que no meio terrestre, pois os mesmos movimentos foram realizados em um meio que é mais denso que o ar, apresentando assim uma resistência ao movimento muito mais significativa. Provavelmente a música era composta por um ritmo (batidas por minuto) acelerado, sendo assim os sujeitos não realizaram os movimentos na água na mesma velocidade que na terra.

Dentro do mesmo contexto do estudo mencionado acima, Heithold & Glass (2000) analisaram a FC de sete mulheres durante uma sessão de hidroginástica no meio aquático e no meio terrestre. Essa sessão era composta de 3 min de exercício de braços acima da linha dos ombros, 3 min de exercício de pernas, 3 min de exercícios de braço abaixo da linha dos ombros e 3 min de exercícios globais (membros superiores e inferiores), sendo que toda essa seqüência foi realizada duas vezes, com um tempo total da sessão de 24 min. Todos os exercícios foram realizados pelos sujeitos em uma intensidade auto-selecionada em ambos os meios. Logo, os resultados mostraram que a FC foi menor no meio aquático em comparação ao meio terrestre, sendo que a percepção de esforço não diferiu entre os meios. Sendo assim, parece que a resposta da FC foi afetada pelo meio aquático, e, esse resultado está de acordo com diversos estudos que relatam essa menor sobrecarga cardiovascular durante o exercício na água (Benelli et al., 2004; Alberton et al., 2009).

Benelli et al. (2004) também analisaram as respostas fisiológicas de 10 indivíduos realizando a mesma sessão de exercícios aeróbicos em três situações: meio terrestre, em imersão em água rasa (0,8 m) e em imersão em água funda (1,4 m) (temperatura de 27,5°C). A sessão teve duração de 30 min, sendo que na primeira metade os exercícios foram realizados em um ritmo de execução lento, e na segunda, em ritmo de execução rápido. Os dados de FC e lactato foram coletados ao final de cada parte da aula. Como resultados, tanto a FC quanto as concentrações de lactato

apresentaram valores mais elevados para a sessão de exercícios realizada em terra (ritmo lento: 138 bpm, 3,1 mmol.l⁻¹; ritmo rápido: 161,5 bpm, 5,65 mmol.l⁻¹) seguida pela sessão realizada em água rasa (ritmo lento: 121,5 bpm, 1,75 mmol.l⁻¹; ritmo rápido: 154 bpm, 3,15 mmol.l⁻¹) e em água funda (ritmo lento: 97,5 bpm, 1,7 mmol.l⁻¹; ritmo rápido: 113,5 bpm, 1,75 mmol.l⁻¹). Os exercícios realizados não foram bem descritos, assim como a determinação da intensidade, mas mesmo assim os autores sugerem que para uma mesma carga, os exercícios aquáticos apresentam uma menor demanda energética.

Em uma abordagem metodológica mais elaborada, Krueger (2000) analisou o comportamento da FC, do VO₂ e do lactato de 23 indivíduos, que foram subdivididos em cinco grupos, um para cada exercício de hidroginástica analisado. Os 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), na intensidade moderada da Escala de Percepção Subjetiva de Borg. As variáveis não apresentaram diferenças significativas entre os cinco exercícios realizados. Tanto para a FC como para o VO₂, os exercícios realizados na profundidade de cicatriz umbilical demonstraram uma diminuição não significativa de 6,25% e 11,94%, respectivamente, em relação aos exercícios realizados fora da água, enquanto que na profundidade do ombro houve uma diminuição significativa de 17,36% na FC e 25,57% no VO₂. Os valores de lactato demonstraram reduções significativas tanto para a imersão na cicatriz umbilical (41,12%), como para a imersão no ombro (47,75%). 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 e apresentavam pequenas áreas projetadas.

Alberton et al. (2005) analisaram o VO_2 de seis mulheres jovens ativas realizando três exercícios de hidroginástica no meio aquático e terrestre. Os exercícios executados foram a corrida, o deslize lateral e o chute, 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 processo xifóide. De acordo com os resultados, foi observado um aumento do VO_2 com o aumento da cadência para todos os exercícios realizados. Para cada uma das cadências, não houve diferenças significativas entre os diferentes exercícios. Entretanto, a influência do meio sobre o comportamento do VO_2 foi dependente do exercício e cadências realizados. Apenas o exercício deslize lateral apresentou um maior VO_2 fora da água comparado com o mesmo no meio aquático em todas as cadências, enquanto que a corrida foi significativamente maior no meio terrestre na cadência de 100 bpm e o chute não apresentou diferenças significativas entre os meios para nenhuma das cadências. Assim, de acordo com esse estudo, não existe um padrão de comportamento do VO_2 entre os meios aquático e terrestre, pois sua resposta irá depender da intensidade e do exercício realizado.

Dentro desse mesmo contexto, Alberton et al. (2009a) analisaram a FC, o $\%FC_{\text{máx}}$, o VO_2 e o percentual do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ($\%\text{VO}_{2\text{máx}}$) de 12 mulheres jovens executando o exercício de corrida estacionária nas cadências de 60, 80 e 100 bpm, nos meios aquático e terrestre. Para cada meio, o exercício foi realizado durante 4 min nas três cadências submáximas, com intervalo de 5 min. Os resultados demonstraram haver diferença significativa, para todas as variáveis analisadas, entre os meios aquático e terrestre, com valores maiores de FC, $\%FC_{\text{máx}}$, VO_2 e $\%\text{VO}_{2\text{máx}}$ no meio terrestre. O mesmo ocorreu entre as cadências de 60, 80 e 100 bpm, com valores significativamente maiores das mesmas variáveis para a cadência de 100 bpm. Logo, os autores concluíram que as respostas cardiorrespiratórias da corrida estacionária executada no meio aquático

foi menor do que no terrestre, mas as mesmas respostas podem ser maximizadas com o aumento da velocidade de execução.

Sendo assim, esse menor VO_2 observado no meio aquático com exercícios aeróbicos de hidroginástica pode ser explicado, em parte, devido à característica desses movimentos. No estudo de Krueger (2000), os exercícios eram estacionários, com troca de apoio de um membro inferior para outro, ou seja, com deslocamento vertical do corpo. Segundo Krueger (1994), a imersão na profundidade dos ombros representa um peso hidrostático reduzido, correspondente a 84,11% do peso corporal. Esse reduzido peso hidrostático representa um peso bem menor a ser deslocado na água, ao contrário do peso corporal total, que deve ser deslocado e carregado fora da água. Consequentemente, os exercícios aquáticos realizados na mesma velocidade no meio aquático e terrestre podem apresentar uma menor intensidade no meio aquático. Todavia, pode-se afirmar que alguns estudos apresentam ausência de informações metodológicas na comparação de exercícios entre os meios aquático e terrestre.

2.1.2. Comparação de exercícios de hidroginástica em diferentes situações e análise de sessões de hidroginástica

Alberton et al. (2007) analisaram a FC e o VO_2 de oito mulheres pós-menopáusicas realizando oito exercícios diferentes de hidroginástica durante quatro min, em uma cadência de 60 bpm. Os exercícios foram a corrida estacionária, o chute frontal, o deslize frontal e o deslize lateral, sendo que cada um foi realizado ora com os membros superiores empurrando a frente alternadamente e ora com a flexão e extensão horizontal de ombros, totalizando assim oito exercícios diferentes. Os maiores valores de FC ($135,94 \pm 10,45$ bpm) e VO_2 ($16,48 \pm 3,49$ ml.kg⁻¹.min⁻¹) foram encontrados

durante o exercício chute frontal com a flexão e extensão horizontal de ombros, e, os menores valores de FC ($97,04 \pm 11,92$ bpm) e VO_2 ($8,22 \pm 1,66$ ml.kg⁻¹.min⁻¹) foram encontrados no exercício deslize lateral com os braços empurrando a frente alternadamente. Os resultados desse estudo demonstraram diferenças significativas entre alguns exercícios, diferenças essas que estão diretamente relacionadas com a massa muscular envolvida e com a área projetada do segmento e sua respectiva amplitude, para ritmos de execução iguais. Logo, tais dados reforçam a idéia de que a prescrição da aula de hidroginástica deve ser baseada na FC ou no VO_2 , e não no ritmo da música, visto que os diferentes exercícios analisados, quando realizados em um ritmo de execução fixo apresentam diferentes intensidades.

Com intuito de comparar tanto diferentes exercícios, como diferentes idades, o estudo de Alberton et al. (2008a) comparou a FC, o VO_2 e IEP entre os exercícios de corrida estacionária com flexão e extensão horizontal de ombros (COR) e chute até 90° com os braços empurrando alternadamente à frente (CHU) executados por um grupo de seis mulheres pós-menopáusicas (GPM) e outro de seis mulheres jovens (GMJ). Como resultados, o VO_2 , a FC e o IEP não apresentaram diferenças significativas entre o GPM e o GMJ para CHU, entretanto para COR, o VO_2 foi significativamente maior para o GMJ, sem diferenças significativas na FC e no IEP. Porém, analisando o % $VO_{2m\acute{a}x}$, o GPM apresentou valores significativamente maiores que o GMJ nos dois exercícios. Dessa forma, os autores concluíram que o GPM realizou os exercícios com maior intensidade de esforço que o GMJ e assim, a prescrição deve ser realizada individualmente a partir do VO_2 ou da FC e não estabelecendo um ritmo de execução dos movimentos.

Ainda analisando o exercício de hidroginástica, mas em diferentes intensidades submáximas, Alberton et al. (2009b) correlacionaram o IEP com as variáveis

cardiorrespiratórias e neuromusculares durante a corrida estacionária realizada em diferentes cadências (60, 80 e 100 bpm) no meio aquático. Os resultados mostraram haver correlações fortes e significativas entre o IEP e as variáveis de FC ($r = 0,65$), $\%FC_{\text{máx}}$ ($r = 0,65$), VO_2 ($r = 0,60$), $\%VO_{2\text{máx}}$ ($r = 0,71$) e ventilação ($r = 0,77$). Além disso, de acordo com o modelo de regressão linear múltipla as variáveis que melhor explicam o IEP são o $\%VO_{2\text{máx}}$ e a ventilação. Sendo assim, os autores concluíram que existe uma forte associação entre as variáveis cardiorrespiratórias e o IEP, logo a escala de Borg pode ser utilizada para prescrição do exercício de corrida estacionária no meio aquático.

Alguns estudos foram desenvolvidos com intuito de analisar as respostas de FC e VO_2 durante uma sessão de exercícios de hidroginástica com diferentes abordagens metodológicas. Todavia, a literatura ainda é escassa em relação a estratégias específicas de aulas de hidroginástica.

Eckerson & Anderson (1992) compararam a FC e o VO_2 obtidos durante exercícios aeróbicos na água com a $FC_{\text{máx}}$ e $VO_{2\text{máx}}$ obtidos em um teste máximo incremental em esteira. A sessão de exercícios aeróbicos foi realizada por 16 mulheres jovens, e, era composta por 5 min de aquecimento, 18 min de ritmo de música acelerado (150 bpm) para condicionamento aeróbico, 15 min de música em 120 bpm para condicionamento muscular e flexibilidade e 7 min de volta à calma, totalizando assim uma sessão de 45 min. Os exercícios foram a corrida estacionária, chute frontal e várias formas de salto, com exercícios de braços abaixo e acima da superfície da água executados no ritmo da música. Os resultados mostraram que essa sessão de exercícios aeróbicos de hidroginástica obtiveram uma FC média de 162 ± 13 bpm, um $\%FC_{\text{máx}}$ de 82%, um VO_2 médio de $18,4 \pm 5,9$ $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ e um $\%VO_{2\text{máx}}$ de 48%. Dessa forma,

os autores concluíram que essa sessão de exercícios aeróbicos no meio aquático pode ser uma alternativa de atividade física para melhoria da aptidão cardiorrespiratória.

Dentro do mesmo contexto do estudo mencionado acima, D' Acquisto et al. (2001) descreveram as respostas de FC e de VO_2 de exercícios executados em piscina rasa. Para tanto, 16 mulheres idosas executaram uma sessão de 40 min, com 10 min de aquecimento, 25 min de exercícios específicos de hidroginástica (parte 1: 12 min; parte 2: 13 min) e 5 min de volta à calma. Os resultados demonstraram que as respostas de FC e do VO_2 para o aquecimento foram de 99,5 bpm e $14 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, para os exercícios específicos de hidroginástica foram de 110 bpm e $18,20 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ na parte 1 e de 112,3 e $18,90 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ na parte 2, e, para a volta à calma foram de 95,5 bpm e $12,60 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, respectivamente. Os autores concluíram que essa sessão pode gerar um estímulo suficiente nas respostas cardiorrespiratórias para ocasionar benefícios para a saúde física de seus participantes.

Ainda analisando as respostas cardiorrespiratórias de uma sessão de exercícios em piscina rasa, mas com o intuito de comparar essas respostas entre diferentes idades, Campbell et al. (2003) analisaram 11 mulheres idosas e 11 mulheres jovens executando cinco séries de exercícios submáximos na piscina rasa, variando entre as intensidades de esforço leve para moderada, as quais foram auto-selecionadas, e, também analisaram uma sessão de 40 min nessa mesma piscina rasa, com exercícios típicos de hidroginástica. Os resultados demonstraram que para as jovens, nos exercícios submáximos, o VO_2 e a FC variaram entre 12,25 para $30,10 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ e 95 para 144 bpm, e, para as idosas variaram entre 11,20 para $22,05 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ e 92 e 124 bpm, respectivamente. Para a sessão de 40 minutos não foi encontrada diferença na FC entre jovens e idosas, entretanto, o grupo de idosas realizou a aula em um $\% \text{VO}_{2\text{máx}}$ (intensidade relativa) maior do que as jovens (idosas: 78,66%; jovens: 53,56%).

Não apenas com intuito de descrever as respostas cardiorrespiratórias de uma sessão de hidroginástica, mas principalmente com o objetivo de comparar estratégias, Kruehl et al. (2009a) compararam a FC e o VO_2 de 10 mulheres jovens executando duas estratégias de aula de hidroginástica: contínua e intervalada. Cada estratégia foi realizada com os mesmos exercícios (corrida estacionária, deslize frontal, deslize lateral, chute frontal) e duração, com um tempo total de aula de 32 min e intervalo mínimo de 48 h. A intensidade foi controlada através da escala de Borg, adotando o IEP 13 (um pouco intenso) para a estratégia contínua, e, o IEP 17 (muito intenso) e 9 (muito leve) para a intervalada. Na estratégia contínua cada exercício foi executado durante 4 min no IEP 13 e na intervalada o mesmo exercício foi executado durante 2 min no IEP 17 e 2 min no IEP 9. A intensidade das estratégias foi controlada através da escala de Borg, pois existe um consenso na literatura que a FC é menor no meio aquático tanto em repouso, como em exercício em comparação ao meio terrestre (Nakanishi et al., 1999). Além disso, estudos sugerem que o IEP 13 corresponde ao 1º limiar de lactato e o IEP 17 corresponde a um valor mais alto que o 2º limiar de lactato (DeMello et al., 1987; Hetzler et al., 1991). Os resultados desse estudo mostraram valores significativamente maiores de FC e VO_2 para a estratégia intervalada (FC: $132,80 \pm 15,70$ bpm; VO_2 : $15,50 \pm 2,80$) em comparação à contínua (FC: $118,00 \pm 14,80$ bpm; VO_2 : $10,70 \pm 2,70$). Além disso, através da análise dessas variáveis ao longo dos 32 minutos, foi possível observar que mesmo durante a execução dos exercícios no IEP 9, na estratégia intervalada, os valores de FC e VO_2 permaneceram mais altos do que os mesmos na estratégia contínua. Logo, os autores concluíram que a estratégia de aula intervalada foi mais intensa do que a contínua.

Dessa forma, pode-se afirmar que os estudos os quais comparam diferentes exercícios e analisam sessões de exercícios de hidroginástica ainda são escassos na

literatura, todavia apresentam uma importância fundamental para a adequada prescrição na hidroginástica.

2.1.3. Exercícios de hidroginástica executados com equipamentos apropriados para o meio aquático

Em relação à utilização de equipamentos que promovam resistência ao movimento no meio aquático, existem poucos estudos na literatura. Pinto et al. (2006) analisaram as respostas cardiorrespiratórias de diferentes exercícios e também verificaram a influência da utilização de equipamento resistivo na sua execução. Para tanto, dois exercícios foram utilizados, o deslize frontal (DF) e o deslize lateral (DL), ambos na cadência de 80 bpm, em três situações experimentais: sem equipamento resistivo, com equipamento resistivo Aqualogger e com equipamento resistivo Aquafins. Ao compararem as diferentes situações, o DF apresentou um aumento significativo da FC e do VO_2 nas duas situações de uso do equipamento, enquanto que o DL só apresentou aumento significativo da FC entre as situações sem e com o uso do equipamento, sem diferença significativa no VO_2 . Ao comparar os diferentes exercícios, todas as situações apresentaram um comportamento mais elevado da FC e do VO_2 para o DF comparado ao DL, independente do uso ou não de equipamento. Assim, os autores sugerem que o uso de equipamento resistivo pode aumentar a magnitude das respostas de FC e VO_2 , entretanto essas respostas dependem da escolha do exercício na água.

Em outro estudo de Pinto et al. (2008), foram analisados os efeitos da utilização de equipamento resistivo (*Aquafins*) nas respostas cardiorrespiratórias e no IEP em quatro situações: sem equipamento resistivo, com equipamento nos membros superiores, com equipamento nos membros inferiores e com equipamento em ambos os

membros. Os resultados demonstraram que a utilização do equipamento *Aquafins* nas diferentes situações aumentou as respostas cardiorrespiratórias e o IEP para uma cadência submáxima de execução, sendo que a situação que apresentou um maior aumento de todas as variáveis analisadas no estudo foi a de executar o exercício com o *Aquafins* em ambos os membros. Além disso, independente do posicionamento do equipamento utilizado, membros superiores ou membros inferiores, as respostas de FC, VO_2 e IEP foram semelhantes. Porém, é importante salientar que a utilização do equipamento resistivo nos membros superiores fez com que o indivíduo percebesse o exercício mais intenso do que ele realmente fora, de acordo com as suas respostas cardiorrespiratórias, visto que essa situação não apresentou diferenças significativas no IEP comparando-a com a situação de utilização do equipamento em ambos os membros.

Com intuito de comparar duas estratégias de treinamento de força executadas no meio aquático com e sem equipamento resistivo, Souza et al. (2009) analisaram as respostas de VO_2 de 10 mulheres durante uma sessão com três blocos de exercícios executados na máxima velocidade, em 3 séries de 20 s e em 6 séries de 10 s, sem equipamento e com equipamento resistivo nos membros inferiores e superiores. Cada participante realizou quatro sessões de coleta, com intervalo mínimo de 48 h. Através dos resultados, observou-se que não houve diferença significativa entre as duas estratégias de treinamento de força, mas houve diferença entre as situações de realizar a sessão sem equipamento e com equipamento resistivo, sendo que maiores valores de VO_2 foram observados na situação de uso do equipamento. Sendo assim, foi possível concluir que o equipamento resistivo aumentou a intensidade de ambas as estratégias.

Na literatura pesquisada, encontrou-se apenas um estudo que analisou o uso de equipamento flutuante em um exercício de hidroginástica. Sendo esse o estudo de Costa et al. (2008), que compararam o IEP, o lactato, a FC e o $\%FC_{m\acute{a}x}$ de 16 mulheres jovens

executando o exercício de hidroginástica cavalo-marinho em três situações na cadência de 136 bpm: ação exclusiva dos membros inferiores (mãos apoiadas na cintura), ação simultânea dos membros inferiores e superiores e ação simultânea dos membros inferiores e superiores com halteres flutuantes. Cada situação de exercício foi realizada durante 6 min em tempo de água (dois bpm para cada fase do exercício), com intervalo de 60 min. Os resultados mostraram que a FC e o $\%FC_{\text{máx}}$ foram significativamente maiores quando o exercício foi executado com ação simultânea de membros inferiores e superiores e ação simultânea de ambos os membros com halteres, em comparação a ação exclusiva de membros inferiores. Para o lactato e o IEP foi encontrada uma diferença significativa entre as três situações de execução do exercício, com valores maiores dessa variável quando o exercício foi realizado com ação simultânea dos membros inferiores e superiores com halteres. Os autores concluíram que o incremento do número de segmentos envolvidos no exercício, assim como também o uso de halteres flutuantes, podem aumentar as respostas fisiológicas durante a hidroginástica.

A partir desses estudos pode-se perceber que são inúmeros os fatores que exercem influência sobre as respostas da FC e do VO_2 no meio aquático, e por isso é fundamental o conhecimento de tais parâmetros para um planejamento seguro e eficiente nessas atividades. Além disso, é muito importante o aprofundamento no estudo desses parâmetros associados às respostas de atividade muscular no meio aquático, cujas respostas ainda estão sendo investigadas em diferentes condições, principalmente na caminhada.

2.2. RESPOSTAS NEUROMUSCULARES DE EXERCÍCIOS REALIZADOS NO MEIO AQUÁTICO

O estudo do sinal eletromiográfico (EMG) no meio aquático iniciou na década de sessenta, principalmente na área da natação (Pöyhönen et al., 1999). Diversos estudos foram realizados com a natação envolvendo a análise de várias musculaturas, normais e/ou lesionadas, nos diferentes estilos de nado (Pink et al., 1991; Perry et al., 1992; Pink et al., 1993a; Pink et al., 1993b; Ruwe et al., 1994).

Mais tarde, o sinal EMG de exercícios realizados em imersão na posição vertical, localizados ou em deslocamento horizontal, foi analisado e comparado com a atividade dos mesmos exercícios realizados no meio terrestre. Sabe-se que não existe um comportamento padrão para essas respostas, visto que o sinal EMG modifica-se conforme o tipo de atividade, tipo de contração, musculatura analisada e indicadores de intensidade de execução do exercício.

2.2.1. Exercícios isométricos

Os estudos que analisaram o sinal EMG de exercícios realizados em imersão, com contrações isométricas (Fujisawa et al., 1998; Pöyhönen et al., 1999; Pöyhönen & Avela, 2002; Rainoldi et al., 2004a; Veneziano et al., 2006; Alberton et al., 2008b; Kalpakcioglu et al., 2008; Pinto et al., 2009) são amplamente aplicáveis na área da reabilitação. Todavia, alguns estudos têm como principal enfoque a abordagem metodológica da EMG no meio aquático.

O estudo de Rainoldi et al. (2004a) é um exemplo de um estudo com enfoque metodológico sobre a EMG na água. Os autores analisaram as respostas EMG do músculo bíceps braquial de 10 homens no meio terrestre e aquático em várias situações.

Os indivíduos ficavam com a imersão parcial do membro analisado em uma piscina com a temperatura de 25°C. O objetivo desse estudo foi comparar as respostas isométricas submáximas (50% da contração isométrica 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. A amplitude dos sinais EMG obtidos no meio aquático sem isolamento sobre os eletrodos apresentou uma diminuição significativa, com valores cerca de 6% dos valores obtidos no meio terrestre. Em contrapartida, o sinal obtido no meio aquático com isolamento sobre os eletrodos foi semelhante ao obtido no meio terrestre. Os autores justificam que o movimento da água atuando diretamente sobre os eletrodos introduz componentes significativos de baixa frequência, alterando os dados de mediana da frequência e média da frequência, e conseqüentemente os dados de amplitude EMG. Já, com o uso de isolamento sobre os eletrodos, o qual impede 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.

O estudo de Veneziano et al. (2006) também clarifica com objetividade os principais fatores metodológicos que devem ser controlados durante a EMG no meio aquático. Esses autores analisaram as respostas EMG do músculo abductor curto do polegar de 10 homens, executando contrações a 40% da CVM no meio terrestre e aquático com a imersão do antebraço na temperatura de 32,5°C. Não foi encontrada nenhuma diferença significativa entre os meios na mediana da frequência e no valor *root mean square* (RMS) do sinal EMG entre as duas situações. Os autores sugerem que com alguns fatores metodológicos 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 EMG podem ser obtidas entre os meios com a imersão parcial do membro analisado.

Corroborando com os resultados do estudo anterior, Alberton et al. (2008b) analisaram as respostas EMG do músculo vasto lateral em exercício isométrico nos meios terrestre e aquático. A amostra foi composta por oito mulheres ativas que realizaram a CVM de extensores do joelho, com o quadril e joelhos em flexão de 90°, contra resistência fixa. No ambiente aquático, a temperatura foi mantida em 30°C, e a profundidade de imersão, no nível da cicatriz umbilical. Como resultados, não houve diferenças significativas nos valores EMG entre os meios, sugerindo que o ambiente aquático pode produzir ativações musculares semelhantes em contrações máximas com a imersão total do membro analisado.

Com uma abordagem metodológica um pouco diferente, Pinto et al. (2009) analisaram as CVM dos flexores e extensores do cotovelo e flexores e extensores do quadril executadas por nove mulheres jovens nos meios aquático e terrestre, contra uma resistência fixa. Foi mensurada a força juntamente com o sinal EMG, e os músculos analisados foram o bíceps braquial, tríceps braquial, reto femoral e bíceps femoral. As CVM foram realizadas em uma gaiola em ambos os meios, com os sujeitos sentados, sendo que para os flexores e extensores do cotovelo a mesma foi realizada em um ângulo de cotovelo de 90°, e, para os flexores e extensores do quadril, a CVM foi executada com o quadril e joelho em 90°. Os resultados mostraram não haver diferença significativa para o sinal EMG e para produção de força entre os meios aquático e terrestre, com exceção dos extensores do quadril, o qual apresentou um maior valor de força no meio terrestre. Além disso, foi testada a reprodutibilidade das medidas entre os

meios, e os resultados do teste de coeficiente de correlação intraclassa obtiveram valores fortes e significativos. Logo, os autores concluíram que o meio aquático não afetou as medidas do sinal EMG e de produção de força, com exceção dos extensores do quadril. Sendo assim, os mesmos sugerem que a normalização de exercícios aquáticos pelo percentual da CVM realizada no meio terrestre pode ser realizada.

Divergindo dos estudos citados acima, Fujisawa et al. (1998), com uma abordagem voltada para reabilitação, investigaram em seu estudo a atividade EMG dos músculos do ombro durante exercícios aquáticos e terrestres. Oito homens voluntários realizaram nove exercícios isométricos de 5 s em cada um dos meios: flexão do ombro em 30, 60 e 90°, abdução do ombro em 30, 60 e 90° e rotação interna máxima, rotação externa máxima e posição neutra, com a análise dos músculos supraespinhoso, infraespinhoso, peitoral maior (porções clavicular e esternal), deltóide (porções anterior, média e posterior) e grande dorsal. Os resultados demonstraram valores da amplitude do sinal EMG significativamente mais elevados para o meio terrestre do que para o meio aquático em quase todos os músculos analisados. Os autores sugerem que essa redução da atividade EMG dos músculos do ombro está relacionada com a diminuição do peso hidrostático do membro analisado, resultante do efeito da flutuação.

Pöyhönen et al. (1999) também analisaram e compararam a atividade EMG em um exercício isométrico realizado no meio aquático e terrestre. A ativação muscular do vasto medial, vasto lateral e bíceps femoral durante a contração isométrica voluntária máxima dos flexores e extensores do joelho foi analisada em um grupo composto por 12 mulheres e oito homens. Os testes foram realizados com os indivíduos sentados com ângulos de quadril e joelho mantidos a 90° para ambos os meios, sendo que no meio líquido, os testes foram realizados em imersão no ponto médio do esterno e temperatura da água de 30°C. Os resultados também demonstraram valores de amplitude do sinal

EMG mais elevados para o meio terrestre quando comparados ao meio aquático, mas com valores semelhantes de produção de força entre os meios. 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, ou neurofisiológicos. Os fatores neurofisiológicos podem estar associados com os efeitos da redução do peso hidrostático no sistema neuromuscular, especialmente nos proprioceptores, que influenciam nas respostas de contração máxima.

Com intuito de explorar melhor as possíveis explicações dessa diminuição da atividade muscular durante a CVM no meio aquático, Pöyhönen & Avela (2002) avaliaram os reflexos dos tendões de Aquiles e de Hoffman juntamente com a atividade muscular dos músculos sóleo e gastrocnêmio medial, durante a CVM para flexão plantar do tornozelo na água e na terra. Nesse estudo foi observada uma diminuição da produção de força em 13% durante a imersão, concomitantemente com uma diminuição de 29%-35% do sinal EMG dos músculos analisados. Baseado nesse estudo, os autores concluíram que a imersão prejudica a função neuromuscular e o mecanismo que melhor explica esse fato é de origem central. Esse prejuízo no sistema neuromuscular possivelmente, segundo a hipótese dos autores, é ocasionado pela diminuição do peso hidrostático dos indivíduos e pela pressão hidrostática agindo no corpo durante a imersão.

Mais recentemente, Kalpakcioglu et al. (2008) analisaram o efeito da imersão sobre o sinal EMG do músculo braquiorradial de 11 sujeitos saudáveis, executando CVM nos meios aquático (36°C) e terrestre. As medidas do sinal EMG foram registradas com os sujeitos na posição sentada, usando eletrodos à prova da água, durante três situações: músculo relaxado, CVM durante 1 s (teste de preensão) e 70% da CVM durante 5 s. Os resultados mostraram que houve diferença entre o valor RMS

obtido no meio aquático e terrestre na situação com o músculo relaxado, com um valor maior para o meio aquático. Contudo, durante a CVM o sinal EMG do braquiorradial foi maior no meio terrestre em comparação ao aquático. Para 70% da CVM, nenhuma diferença significativa foi observada entre os meios. Os autores concluíram que as medidas do sinal EMG são influenciadas pelo meio no qual são mensuradas, todavia o grau dessa influência não é consistente durante a medida do sinal EMG em repouso e em diferentes níveis submáximos da CVM.

Em suma, pode-se dizer que as respostas neuromusculares dos exercícios isométricos no meio aquático são divergentes. Os estudos que demonstraram respostas de EMG semelhantes entre os meios aquático e terrestre, controlaram fatores que podem interferir na coleta do sinal EMG na água, como por exemplo, a utilização de adesivos oclusivos sobre os eletrodos (Rainoldi et al., 2004a; Veneziano et al., 2006; Alberton et al., 2008b). Todavia, alguns estudos que encontraram respostas atenuadas no meio aquático, não controlaram esses fatores intervenientes, pois não utilizaram isolamento sobre os eletrodos, o protocolo foi diferente entre os meios, resultando em menores respostas de ativação muscular para os exercícios realizados na água (Fujisawa et al., 1998; Pöyhönen et al., 1999; Pöyhönen & Avela, 2002).

2.2.2. Exercícios dinâmicos

Pode-se dizer que muitos estudos que analisaram as respostas neuromusculares de exercícios dinâmicos têm dado uma atenção especial para a caminhada aquática. Isso provavelmente vem ocorrendo pelo fato de a caminhada no meio aquático ser amplamente utilizada em programas de reabilitação, pois o paciente que a executa não precisa de nenhuma habilidade especial e, além disso, a caminhada pode ser realizada com indivíduos de diferentes idades e condições patológicas (Masumoto et al., 2005,

Masumoto & Mercer, 2008, Masumoto et al., 2009). Muitos estudos realizaram a comparação da caminhada no *flowmill*, o qual é uma esteira em uma base de um fluxo de água, com a caminhada em esteira terrestre (Masumoto et al., 2004; Masumoto et al., 2005; Masumoto et al., 2007a; Masumoto et al., 2007b; Shono et al., 2007; Masumoto et al., 2008). A maior vantagem do uso do *flowmill* é que diversos fatores podem ser controlados, como a velocidade da esteira, do fluxo de água, a profundidade de imersão e a temperatura da água. Por outro lado, pode-se afirmar que os estudos que analisam as respostas de caminhada em piscina rasa (Ervilha et al., 2001; Miyoshi et al., 2004; Barela et al., 2006; Miyoshi et al., 2006; Chevutschi et al., 2007; Barela & Duarte, 2008) e em piscina funda (Kaneda et al., 2007; Kaneda et al., 2008a; Kaneda et al., 2008b), em comparação com a terrestre, apresentam em comum o fato de não controlarem a velocidade de caminhada.

Em relação aos estudos que analisaram as respostas neuromusculares de exercícios dinâmicos realizados de forma estacionária e/ou localizada, pode-se dizer que os mesmos são em menor número do que os que analisaram as diferentes formas de caminhada. Dentre esses estudos, a maioria analisou a atividade muscular de exercícios localizados de membros superiores ou inferiores (Kelly et al., 2000; Pöyhönen et al., 2001a; Pöyhönen et al., 2001b; Figueiredo, 2004; Black, 2005; Müller et al., 2005; Alberton et al., 2006; Benfield et al., 2007), e, apenas um estudo encontrado na literatura analisou essas mesmas respostas em um exercício específico de hidroginástica executado de forma estacionária (Alberton, 2007).

2.2.2.1. Caminhada em piscina rasa

Na pesquisa de Barela & Duarte (2008) foi analisado o comportamento EMG dos músculos tibial anterior, gastrocnêmio medial, vasto lateral, cabeça curta e longa do

bíceps femoral, tensor da fáscia lata, reto abdominal e eretor espinhal de 10 indivíduos idosos (70 ± 6 anos) caminhando no meio aquático e terrestre. A velocidade de execução foi auto-selecionada, sendo executada em um ritmo denominado confortável. No meio aquático, a profundidade de imersão foi mantida no processo xifóide com os braços na superfície da água. Os resultados demonstraram que o padrão de atividade EMG da caminhada foi diferente entre os meios para todos os músculos, com um comportamento semelhante apenas para o gastrocnêmio medial.

Barela et al. (2006), em uma metodologia idêntica ao do estudo supracitado, mas analisando as respostas da caminhada em meio aquático e terrestre de uma amostra de 10 adultos saudáveis (29 ± 6 anos), demonstraram também um comportamento de todos os músculos ao longo do ciclo de passada diferente entre os meios. Sendo a única exceção o músculo gastrocnêmio medial, o qual apresentou um padrão similar entre os meios, todavia o pico de atividade EMG foi atrasado cerca de 10% no meio aquático. Os autores atribuem tais diferenças no padrão EMG entre os meios, em ambos os estudos, por uma redução do peso hidrostático e pela força de resistência no meio aquático, assim como a seleção de uma velocidade mais baixa de caminhada na água executada pelos sujeitos.

Seguindo o mesmo padrão dos estudos anteriores, Ervilha et al. (2001) analisaram a atividade EMG dos músculos vasto lateral, bíceps femoral, tibial anterior e gastrocnêmio lateral de 10 homens durante a caminhada aquática e terrestre. Os indivíduos percorreram 10 vezes uma distância de 12 m no meio terrestre e no meio aquático em imersão na profundidade da espinha ilíaca ântero-superior, com velocidades auto-selecionadas pelos indivíduos e com valores correspondentes a aproximadamente $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e $0,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, respectivamente. Os resultados mostraram que os padrões de intensidade do sinal EMG para os quatro músculos analisados diferiram

de acordo com o meio, com diferenças temporais significativas na distribuição de magnitudes entre os sinais EMG coletados no meio aquático e terrestre. Entretanto, embora o padrão de atividade EMG tenha sido alterado devido ao meio, a relação de sinergismo entre pares de músculos agonistas e antagonistas manteve-se a mesma.

Na pesquisa de Miyoshi et al. (2006) investigou-se as respostas EMG dos músculos sinergistas sóleo e gastrocnêmio medial de 10 homens na caminhada aquática, realizada em imersão na profundidade da axila, em temperatura de 34°C. A caminhada foi realizada em velocidades auto-selecionadas correspondentes à lenta, moderada, rápida e muito rápida, cada uma realizada sem carga e com cargas de 4 e 8 kg. Como resultados, um padrão de ativação distinto foi observado entre os músculos. A atividade EMG do músculo gastrocnêmio medial aumentou com o acréscimo da velocidade, ao passo que as variações no padrão EMG do músculo sóleo foram mais dependentes dos incrementos de cargas.

Miyoshi et al. (2004) também compararam o sinal EMG entre a caminhada realizada em meio terrestre e aquático, porém em três velocidades de execução auto-selecionadas pelos indivíduos, que corresponderam a intensidades lenta, moderada e rápida. Foram analisados os músculos gastrocnêmio medial, tibial anterior, bíceps femoral e reto femoral de 15 homens. Durante a caminhada no meio aquático, a temperatura da água foi mantida em 34°C e a profundidade de imersão, no nível da axila. Os resultados mostraram que, para a velocidade moderada, os músculos gastrocnêmio medial e bíceps femoral apresentaram uma maior atividade EMG no meio aquático do que no meio terrestre. Para as velocidades lenta e rápida, somente o músculo bíceps femoral foi significativamente maior no meio aquático. Já os músculos tibial anterior e reto femoral não apresentaram diferenças significativas entre os meios para nenhuma das velocidades. Segundo os autores, essa atividade aumentada do bíceps

femoral deve-se ao fato de que a musculatura extensora do quadril tem como função principal a propulsão e por isso essa musculatura é mais exigida no meio aquático, devido à maior resistência da água oferecida pela maior densidade desse meio (1000 kg.m^{-3}) comparado ao ar ($1,2 \text{ kg.m}^{-3}$) (McGinnis, 2005).

Com uma descrição mais cinesiológica da caminhada no ambiente aquático, a pesquisa de Chevutshi et al. (2007) analisou o sinal EMG dos músculos sóleo, reto femoral e eretor da coluna de sete mulheres jovens caminhando nos meios aquático e terrestre em velocidade confortável. As velocidades confortáveis registradas para todos os sujeitos foram de $1,81 \pm 0,03 \text{ m.s}^{-1}$ na terra e de $0,75 \pm 0,21 \text{ m.s}^{-1}$ na água. Os resultados da descrição cinesiológica demonstraram que o músculo eretor da coluna apresentou dois picos de atividade durante um único ciclo de passada na terra, sendo o primeiro quando o calcanhar direito tocou o solo e o segundo na metade do ciclo. Em contrapartida na água, o eretor da coluna apresentou uma atividade mais constante, mas com picos de atividade similar aos produzidos na caminhada no meio terrestre. O músculo reto femoral também apresentou dois picos de atividade durante o ciclo de passada na terra, sendo que o primeiro ocorre antes do primeiro pico do músculo eretor da coluna, ou seja, precede o momento em que o calcanhar direito toca o solo. O segundo pico de atividade ocorre na segunda fase do ciclo. No meio aquático a maior atividade do reto femoral ocorre antes do calcanhar tocar o solo, com o segundo pico iniciando sua atividade quando o pé faz o contato com o mesmo. Em relação ao músculo sóleo, pode-se dizer que o mesmo apresentou uma atividade na primeira fase do ciclo de passada em ambos os meios, sendo o primeiro pico de atividade quando o calcanhar fez o contato com o solo e o segundo pico ocorreu logo na seqüência da passada, com uma amplitude maior que o primeiro. Por fim, os resultados da integral do sinal EMG demonstraram que o músculo eretor da coluna apresentou maiores valores

durante a caminhada no meio aquático em comparação com a mesma no meio terrestre. O músculo reto femoral não apresentou diferença significativa entre os meios e, em contrapartida, o sóleo apresentou valores maiores e significativos durante a caminhada no meio terrestre.

2.2.2.2. Caminhada em *flowmill*

Masumoto et al. (2004) encontraram uma menor atividade EMG dos músculos glúteo médio, reto femoral, vasto medial, bíceps femoral, tibial anterior, gastrocnêmio lateral, reto abdominal e para-espinais em seis indivíduos caminhando no meio aquático em diferentes velocidades comparado ao meio terrestre. Todavia, nesse estudo a caminhada no meio terrestre foi realizada em esteira rolante e a caminhada no meio aquático, em um *flowmill* em duas situações, com e sem fluxo corrente de água. O protocolo aquático foi realizado na profundidade do processo xifóide em temperatura de água de 31°C. Com intuito de conseguir um gasto energético similar entre os meios, as velocidades na esteira terrestre foram de 60, 80 e 100 m.min⁻¹, que correspondiam ao dobro das velocidades na água, 30, 40 e 50 m.min⁻¹. Cada velocidade foi realizada durante 1 min, com 1 min de intervalo, e representavam intensidades leve, moderada e alta. Os resultados demonstraram que a caminhada na água, com e sem água corrente, apresentou valores de amplitude do sinal EMG significativamente menores do que os obtidos durante a caminhada no meio terrestre. Além disso, os resultados mostraram que houve uma tendência da atividade EMG com água corrente ser maior do que a mesma sem água corrente.

Masumoto et al. (2005) usaram a mesma metodologia do estudo de 2004, entretanto compararam a caminhada de costas entre os meios aquático e terrestre em seis sujeitos saudáveis. As velocidades testadas na esteira terrestre foram de 3,6; 4,8 e 6

km.h⁻¹, que correspondiam ao dobro das velocidades na água, 1,8; 2,4 e 3,0 km.h⁻¹. Os resultados demonstraram que todos os músculos analisados, com exceção dos paraespinhais, apresentaram respostas de amplitude do sinal EMG significativamente mais baixas no meio aquático comparadas ao meio terrestre. Além disso, as respostas da caminhada com água corrente foram mais elevadas do que sem água corrente, visto que a água corrente proporciona uma maior resistência ao movimento. Em relação, as respostas EMG dos paraespinhais, pode-se dizer que foram significativamente maiores na água corrente do que na situação água sem corrente ou no meio terrestre. Os autores sugerem que a atividade muscular diminuída no meio aquático para quase todos os músculos analisados, pode ser atribuída pela redução do peso hidrostático provocada pelo efeito da flutuação agindo sobre o sistema neuromuscular, pelas alterações nos mecanismos reflexos e proprioceptivos com a imersão, ação da pressão hidrostática e diferenças no padrão da cinemática.

Ainda com o intuito de investigar a caminhada de costas, Masumoto et al. (2007a), realizaram uma comparação da amplitude do sinal EMG dos músculos glúteo médio, reto femoral, vasto medial, bíceps femoral, tibial anterior, gastrocnêmio lateral, reto abdominal e para-espinhais em 10 sujeitos saudáveis realizando a caminhada de frente e de costas no meio aquático com e sem água corrente. As velocidades testadas foram 1,8; 2,4 e 3,0 km.h⁻¹, cada uma foi realizada durante 1 min, com 1 min de intervalo, e representavam intensidades leve, moderada e alta respectivamente. As respostas EMG dos músculos paraespinhais, vasto medial e tibial anterior foram significativamente maiores para a caminhada de costas do que para a caminhada de frente, em cada velocidade testada.

Em um estudo mais recente, e com uma abordagem metodológica mais completa, Masumoto et al. (2008) analisaram as respostas do sinal EMG de nove

mulheres idosas caminhando em um *flowmill* no meio aquático com água corrente e em uma esteira no meio terrestre. No meio aquático, os sujeitos caminharam durante 4 min nas velocidades de 1,2, 1,8 e 2,4 km.h⁻¹ (velocidades do *flowmill* e da água corrente) e no meio terrestre caminharam nas velocidades de 2,4, 3,6 e 4,8 km.h⁻¹, com intervalos de 1 min. Em ambos os meios as velocidades foram denominadas de lenta, moderada e rápida, respectivamente. Foi registrado o sinal EMG dos músculos vasto medial, reto femoral, cabeça longa do bíceps femoral, tibial anterior e gastrocnêmio lateral. Os resultados demonstraram que quando foi comparada a atividade muscular dos diferentes músculos entre os meios nas velocidades lenta, moderada e rápida, foi encontrado um menor sinal EMG durante a caminhada no meio aquático em comparação com a caminhada no meio terrestre. Em contrapartida, quando se comparou a mesma velocidade entre os meios (rápida na água e lenta na terra – 2,4 km.h⁻¹), a atividade muscular dos músculos vasto medial, reto femoral, bíceps femoral e gastrocnêmio lateral foi significativamente maior durante a caminhada no meio aquático em comparação com a mesma no meio terrestre. Todavia, para o músculo tibial anterior não foi observada diferença significativa entre os meios em uma mesma velocidade. Além disso, a atividade de todos os músculos analisados, quando se fez a comparação entre as velocidades, foi maior nas velocidades rápidas. Dessa forma, os autores concluíram que com um gasto energético semelhante entre os meios a atividade muscular durante a caminhada no meio aquático foi menor do que no meio terrestre. Por outro lado, o meio aquático produziu maiores valores de atividade muscular quando a caminhada foi comparada com a mesma do meio terrestre em uma velocidade idêntica.

Seguindo a mesma proposta de comparar velocidades diferentes e idênticas entre os meios, Shono et al. (2007) realizaram seu estudo com a caminhada no *flowmill* no meio aquático e com a esteira no meio terrestre. Oito mulheres idosas, saudáveis e

fisicamente ativas caminharam durante quatro minutos nas velocidades de 20, 30 e 40 m.min⁻¹ no meio aquático e, nas velocidades de 40, 60 e 80 m.min⁻¹ no meio terrestre, com intervalos de 1 min. No meio terrestre foram escolhidas essas velocidades, pelo fato de que aproximadamente o dobro da velocidade de caminhada do meio aquático parece ser necessário para que os sujeitos estejam em um mesmo esforço fisiológico durante a caminhada no meio terrestre. Foi registrado o sinal EMG dos músculos tibial anterior, gastrocnêmio medial, vasto medial, reto femoral e bíceps femoral. Os resultados mostraram que os músculos tibial anterior, vasto medial e bíceps femoral aumentaram suas atividades com o aumento da velocidade em ambos os meios. Além disso, é importante ressaltar que a atividade dos músculos gastrocnêmio medial e reto femoral demonstrou uma tendência de ser menor no meio aquático em comparação com o meio terrestre em uma mesma intensidade de exercício. Em contrapartida, durante a comparação da caminhada entre os meios em uma mesma velocidade (40 m.min⁻¹) a atividade EMG do tibial anterior, vasto medial e bíceps femoral foi significativamente maior no meio aquático.

Dentro do contexto descrito anteriormente, mas principalmente pela locomoção ser utilizada por indivíduos de várias faixas etárias, Masumoto et al. (2007b) investigaram como a atividade muscular durante a caminhada na água é influenciada pela idade. Sendo assim, um grupo de seis mulheres idosas e outro de seis mulheres jovens caminharam no meio aquático, na profundidade do processo xifóide, em um *flowmill* em três velocidades: 1,8, 2,4 e 3,0 km.h⁻¹. O sinal EMG foi registrado para os músculos vasto medial, reto femoral, bíceps femoral, tibial anterior e gastrocnêmio lateral. Nos resultados foi observado que, para os sujeitos idosos, a atividade do flexor (reto femoral) e extensor (bíceps femoral) do quadril foi aproximadamente 56% maior e a atividade do flexor plantar do tornozelo (gastrocnêmio lateral) foi 31% menor em

comparação com as mesmas dos sujeitos jovens. Todavia, não foi observada nenhuma diferença na atividade EMG dos músculos vasto medial e tibial anterior entre os grupos. O aumento da atividade da musculatura do quadril em sujeitos idosos comparados aos sujeitos jovens durante a caminhada na água está de acordo com outros estudos que demonstram que ocorre um aumento da potência da musculatura do quadril durante a caminhada de idosos na terra (Judge et al., 1996; De Vita & Hortobagyi, 2000). Em relação à diminuição da atividade do flexor plantar dos sujeitos idosos em comparação com os jovens durante a caminhada na água, a mesma está de acordo com estudos prévios que demonstram essa diminuição do trabalho de flexão plantar em idosos caminhando na terra (Judge et al., 1996; De Vita & Hortobagyi, 2000). Isso provavelmente pode ser explicado por uma deficiência fisiológica (diminuição de área das fibras do tipo II) (Coggan et al., 1992) e biomecânica (diminuição da potência de flexão plantar) (Judge et al., 1996; De Vita & Hortobagyi, 2000) dos flexores plantares que começa aparecer com o avanço da idade, pois os idosos realizam um padrão de movimento durante a locomoção que requer menor atividade do gastrocnêmio.

2.2.2.3. Caminhada em piscina funda

Kaneda et al. (2007) investigaram as respostas EMG dos músculos tibial anterior, sóleo, gastrocnêmio medial, reto femoral, vasto lateral e bíceps femoral na caminhada em terra, em piscina rasa e também no *deep water running*. O *deep water running* apresenta um movimento similar ao da corrida, ou da caminhada (quando realizado em baixas velocidades) no meio aquático, entretanto é realizado sem o contato dos pés com o solo através do auxílio de um cinturão flutuador (Reilly et al., 2003). As três situações foram executadas em velocidades auto-selecionadas pelos indivíduos, as quais correspondiam a intensidades lenta, moderada e rápida. Os resultados

demonstraram atividades EMG semelhantes entre as três situações para os músculos tibial anterior, reto femoral e vasto lateral e diferenças significativas para os demais. No *deep water running*, a atividade EMG dos músculos sóleo e gastrocnêmio foi significativamente menor do que na caminhada em terra e na água. Essa menor atividade foi justificada pela ausência de contato do corpo com o fundo da piscina, e conseqüentemente, a ausência de forças verticais durante o *deep water running*. Assim, esses músculos perderiam sua característica propulsora no exercício aquático. Por outro lado, a atividade do bíceps femoral nessa modalidade foi significativamente maior provavelmente pela maior amplitude de movimento do quadril e do joelho durante sua execução.

Utilizando uma abordagem metodológica semelhante a do estudo anterior, Kaneda et al. (2008a) investigaram a atividade EMG de nove homens jovens caminhando nas mesmas situações do estudo supracitado, durante 8 s, com duas repetições em cada situação. Em cada situação, os sujeitos caminharam em três velocidades auto-selecionadas: lenta, moderada e rápida. Diferindo do estudo anterior, o sinal EMG dos músculos tibial anterior, sóleo, gastrocnêmio medial e cabeça longa do bíceps femoral foi analisado durante a fase de recuperação e a fase de propulsão. Na caminhada terrestre e na piscina rasa, a fase de recuperação foi definida como o término da fase de contato do pé com o solo até um novo contato do calcanhar com o solo, todavia no *deep water running* a mesma fase foi definida pela máxima extensão de joelho até a máxima flexão do quadril com o joelho flexionado. Já a fase de propulsão, na caminhada terrestre e na piscina rasa, foi caracterizada a partir do contato do calcanhar com o solo até o término da fase de contato do pé com o solo. No *deep water running*, a mesma fase foi definida pela máxima flexão de quadril com joelho flexionado até a máxima extensão do joelho com extensão do quadril. Os resultados

mostraram que na fase de recuperação o sinal EMG do gastrocnêmio medial e do sóleo foram menor durante o *deep water running* em comparação a caminhada em piscina rasa e na terra. O reto femoral na fase de propulsão obteve um sinal EMG maior durante a caminhada em piscina rasa e no *deep water running* em comparação a mesma na terra. Em contrapartida, nessa mesma fase o sinal EMG do vasto lateral foi menor na caminhada em piscina rasa e no *deep water running* em comparação a caminhada na terra. O sinal EMG do bíceps femoral, nas duas fases analisadas, foi maior no *deep water running* em comparação a caminhada em piscina rasa e na terra. Os autores concluíram que o *deep water running* aumenta a atividade dos músculos flexores e extensores do quadril, mas também é capaz de diminuir o estresse nas articulações e nos músculos dos membros inferiores.

Analisando o sinal EMG dos músculos do quadril e do tronco, Kaneda et al. (2008b) executaram um protocolo experimental com nove homens saudáveis que caminharam na piscina funda (*deep water running*), na piscina rasa e no meio terrestre em três velocidades auto-selecionadas (lenta, moderada e rápida). Foi mensurado o sinal EMG dos músculos abdutor longo, glúteo máximo, glúteo médio, reto abdominal, oblíquo externo do âbdomen e eretor da coluna. Os resultados demonstraram que o %CVM para todos os músculos analisados foi maior durante o *deep water running* em comparação a caminhada no meio terrestre e na piscina rasa. Além disso, o sinal EMG do eretor da coluna aumentou com o incremento da velocidade de caminhada na piscina rasa. Sendo assim, os autores concluíram que a maior atividade muscular durante o *deep water running* pode ser explicada por uma maior amplitude de movimento do quadril durante essa atividade e também pela inclinação do corpo em uma situação instável de flutuação.

Por fim, pode-se afirmar que os estudos envolvendo as respostas neuromusculares durante a caminhada aquática estão em um rápido desenvolvimento. Além disso, é importante salientar que as diferentes respostas na atividade muscular durante a caminhada podem ser resultantes principalmente dos diferentes tipos de caminhada executados nos diversos estudos descritos acima. Segundo Shono et al. (2000), na caminhada ao longo da piscina (piscina rasa e funda), 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 efeito da flutuação, a qual atua no sentido vertical, reduzindo o peso hidrostático (Harrison et al., 1992).

2.2.2.4. Exercícios estacionários e/ou localizados

Os exercícios estacionários e/ou localizados, com movimentos de deslocamento vertical do corpo podem apresentar uma redução significativa do peso hidrostático e conseqüentemente uma menor ativação EMG no meio aquático comparada à mesma no meio terrestre, dependendo principalmente da velocidade de execução.

Figueiredo (2004) comparou a atividade EMG de exercícios abdominais realizados no ambiente aquático (temperatura de 30,5°C) e terrestre. Foram testados os músculos reto abdominal superior, reto abdominal inferior, oblíquo externo e reto femoral de 20 mulheres. 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 músculos oblíquo externo, reto femoral e porções supra e infra-umbilical do reto abdominal de 20 mulheres no exercício abdominal “*sit-up*”. Esse foi realizado nos meios aquático (temperatura de 30,5°C) e terrestre em ritmo padrão e na velocidade máxima. Como resultados, verificou-se uma maior atividade eletromiográfica na velocidade máxima comparada ao ritmo padrão, tanto no ambiente terrestre como aquático, para todos os músculos, exceto para reto femoral. Ao analisar a fase ascendente do exercício aquático na velocidade máxima, observou-se que esses músculos apresentaram uma atividade EMG similar ao do exercício executado 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.

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, na temperatura de 37°C (com a utilização de isolamento sobre os eletrodos). Os indivíduos permaneceram sentados em uma cadeira e realizaram três repetições de elevação das pernas em extensão completa com manutenção na posição por 5 s, a cada 5 min, ao longo de 60 min. Para o meio aquático, foram acrescentados 9 kg de peso nos

tornozelos. Os resultados demonstraram que o sinal EMG foi semelhante entre os meios, quando o isolamento foi eficaz e impediu o contato da água com os eletrodos. Além disso, os autores reportaram que, para os sinais cujo isolamento permaneceu intacto, o sinal exibiu linhas de base estáveis, com a ausência de artefatos de baixa frequência, ao contrário dos que o isolamento não obteve sucesso.

Além de elaborar comparações da atividade EMG entre os meios, os estudos que seguem executaram comparações entre as diferentes velocidades de execução de exercícios localizado e/ou estacionários. Kelly et al. (2000) analisaram a atividade EMG dos músculos supraespinhoso, infraespinhoso, subescapular e deltóide (porções anterior, média e posterior) durante exercícios localizados do ombro executados no meio aquático e terrestre. Seis homens executaram a flexão dos ombros no plano escapular, de 0 a 90°, em três velocidades diferentes (30, 45 e 90°.s⁻¹) em cada um dos meios. Os resultados demonstraram um aumento significativo na amplitude do sinal EMG com o aumento da velocidade de execução para todos os músculos analisados. Ao comparar os meios terrestre e aquático, pode-se dizer que o comportamento EMG foi dependente da velocidade de execução. As respostas EMG foram significativamente mais elevadas para o meio terrestre para as velocidades mais baixas (30 e 45°.s⁻¹) em todos os músculos analisados, com exceção do deltóide médio que não apresentou diferenças significativas entre os meios na velocidade de 45°.s⁻¹. Em contrapartida, não houve diferenças significativas na atividade EMG entre os meios na velocidade de 90°.s⁻¹, com uma tendência de os valores serem maiores no meio aquático. Os autores sugerem que a velocidade de 90°.s⁻¹ parece ser, no meio aquático, o ponto onde os efeitos de flutuação são suprimidos pelos efeitos de resistência na água.

Seguindo com a análise da influência da velocidade de execução na atividade EMG, Alberton (2007) analisou a atividade muscular durante o exercício de corrida

estacionária executado em diferentes cadências submáximas (60, 80 e 100 bpm) e na velocidade máxima no meio aquático e terrestre. Os músculos analisados foram o reto femoral, vasto lateral, bíceps femoral e semitendinoso. Como resultados, tanto no meio aquático como no meio terrestre, não houve diferença significativa na atividade EMG entre as cadências submáximas. Entretanto, quando o exercício foi realizado na velocidade máxima, em ambos os meios, todos os músculos analisados apresentaram um aumento significativo em suas atividades EMG ao se compararem com as mesmas obtidas nas cadências submáximas. Além disso, a diferença entre os meios foi encontrada para as cadências submáximas, onde o meio terrestre apresentou %CVM significativamente mais elevados, para as três cadências testadas, do que os percentuais obtidos durante o exercício no meio aquático. Contudo, quando a corrida estacionária foi realizada na velocidade máxima, encontrou-se uma atividade EMG similar entre os meios para todos os músculos analisados. A autora sugere que o aumento nas cadências submáximas não foi suficiente para aumentar o sinal EMG.

Na pesquisa de Black (2005), além de ser analisado a influência da velocidade de execução na atividade EMG, foi também analisado a influência do uso de equipamento resistivo em tal atividade. Foram testados os 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 *Aquafins*, nas cadências de 40, 60 e 80 bpm e na velocidade máxima. Para diferentes cadências, os músculos analisados apresentaram uma tendência de aumento no valor RMS conforme o aumento da cadência, entretanto somente foram encontradas diferenças significativas entre cada uma das cadências comparada à velocidade máxima, corroborando com o estudo de Alberton (2007). Para as cadências de 40 e 80 bpm, foram observadas diferenças significativas na atividade

EMG do reto femoral quando o exercício foi realizado com e sem equipamento. 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 aumentando a resistência ao avanço. Dessa forma, parece que 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 saudáveis realizaram o movimento de flexão e extensão do joelho (115 a 0°) em velocidade máxima com análise dos músculos vasto lateral, vasto medial, bíceps femoral e semitendinoso sentados em imersão na profundidade do esterno em temperatura 30°C. Os resultados demonstraram que a utilização de equipamento resistivo aumenta significativamente a resistência na água, pelo aumento da área projetada, entretanto a amplitude do sinal EMG demonstrou respostas semelhantes nas duas condições, visto que a velocidade angular do exercício sem equipamento foi bem maior do que aquele com a utilização do equipamento resistivo.

Embora o uso ou não do equipamento resistivo produza ativação similar em velocidades máximas, como pode ser visto nos trabalhos de Black (2005) e Pöyhönen et al. (2001a), o padrão da atividade agonista e antagonista parece ser influenciado pela utilização de equipamento. Alberton et al. (2006) analisaram a amplitude do sinal EMG durante a atividade agonista e antagonista dos músculos reto e bíceps femoral na flexão até 45° e extensão de quadril 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 de 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 resistivo parece existir 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). Porém, nesse estudo foi analisado a influência do tipo de fluxo, turbulento ou laminar, para os exercícios no meio aquático realizados na velocidade máxima. Os músculos vasto lateral e vasto medial do quadríceps e bíceps femoral e semitendinoso dos ísquios-tibiais foram analisados em 18 indivíduos durante a realização da flexão e extensão do joelho em contração dinâmica (120 a 0°). 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 no máximo esforço, gerando um fluxo turbulento. Durante a simples repetição, os resultados demonstraram que a resposta muscular na execução do movimento foi concêntrica, com uma reduzida co-ativação da musculatura antagonista. Foi observada uma grande ativação do quadríceps na extensão do joelho e dos ísquios-tibiais, na flexão, necessárias para acelerarem o movimento contra a massa de água. Durante a fase final do movimento, houve uma mínima atividade antagonista, para frear o movimento. Entretanto, nas repetições máximas contra fluxo turbulento, ocorreu uma

redução no sinal EMG da musculatura agonista, com precoce ativação da musculatura antagonista. Segundo os autores, mecanismos inibitórios que previnem aumentos na velocidade angular durante movimentos aquáticos podem ser os responsáveis por tal comportamento.

Por fim, pode-se afirmar que as respostas neuromusculares dos exercícios localizados e/ou estacionários são amplamente afetadas pelo efeito da flutuação que faz com que ocorra a diminuição do peso hidrostático e que por sua vez faz com que haja uma menor atividade muscular para o exercício realizado na água. Parece que dependendo da velocidade de execução do exercício, o efeito de flutuação pode ser suprimido pelos efeitos resistivos da água, aumentando conseqüentemente a atividade EMG durante a execução de exercícios na vertical no meio aquático. Além disso, parece que tanto a velocidade de execução, a qual afeta diretamente o tipo de fluxo gerado na água (laminar ou turbulento), como também o uso de equipamentos apropriados ao meio aquático podem mostrar padrões distintos de ativação de músculos agonistas e antagonistas durante a execução de um mesmo exercício.

3 ABORDAGEM METODOLÓGICA

3.1. AMOSTRA

A amostra foi composta por 15 mulheres jovens voluntárias, com idades entre 18 e 26 anos, ambientadas ao meio líquido.

3.1.1. Cálculo do tamanho da amostra

No presente estudo, calculou-se o “n” amostral, para as variáveis cardiorrespiratórias, com base no estudo de Pinto et al. (2008), que verificaram as respostas de frequência cardíaca e do consumo de oxigênio durante a execução de um exercício de hidroginástica com e sem o equipamento resistivo *Aquafins*. Para o cálculo das variáveis neuromusculares, utilizou-se o estudo de Masumoto et al. (2007c), que verificaram as respostas da amplitude do sinal EMG durante a execução de exercício aquático em diferentes velocidades. E, para o cálculo das variáveis cinemáticas, utilizou-se o estudo de Pöyhönen et al. (2001a), que compararam a velocidade angular do movimento de flexão e extensão do joelho, na condição sem equipamento e com equipamento resistivo. Optou-se por esses estudos para realização do cálculo amostral, devido à semelhança dos mesmos com alguns aspectos da abordagem metodológica que será descrita a seguir.

O cálculo foi realizado para amostras emparelhadas através do programa PEPI versão 4.0, no qual foi adotado um nível de significância de 0,05, um poder de 90%, e um coeficiente de correlação de 0,7 para todas as variáveis (ANEXO A). Com base nos

desvios-padrão e nas diferenças entre as médias obtidas dos estudos supracitados, os cálculos realizados demonstraram a necessidade de um “n” de no mínimo 10 indivíduos para o consumo de oxigênio, 8 indivíduos para a frequência cardíaca, 5 indivíduos para a atividade eletromiográfica e 15 indivíduos para análise cinemática. Por meio desses dados, foi estabelecido um “n” amostral, para o presente estudo, de 15 indivíduos.

3.1.2. Critérios de inclusão

Foram participantes desse estudo mulheres aparentemente saudáveis, com idades entre 18 e 26 anos, ambientadas ao meio líquido, praticantes de hidroginástica por no mínimo três meses. Essas mulheres estavam isentas de doenças músculo-esqueléticas, ósteo-articulares, cardíacas, pulmonares e não faziam uso de medicação (exceção, métodos contraceptivos).

3.1.3. Critérios de exclusão

Foram excluídas as mulheres atletas e as fumantes.

3.1.4. Procedimentos para seleção da amostra

A amostra foi selecionada de forma não aleatória, por voluntariedade. As voluntárias foram convidadas através de comunicação oral para participar desta pesquisa. Além disso, as mesmas compareceram em data e horários pré-estabelecidos para a sessão de familiarização com os devidos procedimentos e em outra data para a sessão de coleta de dados.

3.1.5. Termo de consentimento livre esclarecido

Cada sujeito, para participar da pesquisa, leu e assinou um termo de consentimento livre esclarecido (ANEXO B), aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2007905) (ANEXO C), no qual constavam todas as informações pertinentes ao estudo.

3.2. VARIÁVEIS

3.2.1. Dependentes

- Frequência cardíaca (FC)
- Consumo de oxigênio (VO_2)
- Percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{m\acute{a}x}$)
- Percentual do consumo de oxigênio máximo ($\%VO_{2m\acute{a}x}$)
- Amplitude de movimento do cotovelo (ADMC)
- Amplitude de movimento do quadril (ADMQ)
- Amplitude de movimento do joelho (ADMJ)
- Velocidade angular média do cotovelo (VAMC)
- Velocidade angular média do quadril (VAMQ)
- Velocidade angular média do joelho (VAMJ)
- Amplitude do sinal eletromiográfico da cabeça curta do músculo bíceps braquial (BB)
- Amplitude do sinal eletromiográfico da cabeça lateral do músculo tríceps braquial (TB)

- Amplitude do sinal eletromiográfico do músculo reto femoral (RF)
- Amplitude do sinal eletromiográfico da cabeça longa do músculo bíceps femoral (BF)

3.2.2. Independentes

- Situações
 - Sem equipamento (SEM)
 - Com equipamento flutuante em ambos os membros (FLU-MSs/MIs)
 - Com equipamento resistivo em ambos os membros (RES-MSs/MIs)
- Cadências do exercício de hidroginástica
 - 80 bpm
 - 100 bpm
 - Máximo esforço
- Fases do movimento
 - Flexão
 - Extensão

3.2.3. Controle

- Temperatura da água
 - Foi mantida entre 30 e 31°C
- Profundidade de imersão
 - Foi mantida entre processo xifóide e ombros

3.2.4. Variáveis de caracterização da amostra

- Idade
- Estatura
- Massa corporal
- Massa corporal magra
- Gordura corporal
- Frequência cardíaca máxima
- Consumo de oxigênio máximo

3.2.5. Tratamento das variáveis independentes

Para a coleta das variáveis dependentes, foi realizado um protocolo de testes aquáticos, no qual o exercício de corrida estacionária com a flexão e extensão de cotovelo foi realizado em três situações (SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs) (Figura 1), previamente randomizadas, nas cadências submáximas de 80 e 100 bpm e no máximo esforço. As cadências não foram randomizadas, visto que quanto maior a velocidade de execução, maior é o risco de entrar água no isolamento dos eletrodos e conseqüentemente ocorrer perda do sinal EMG.

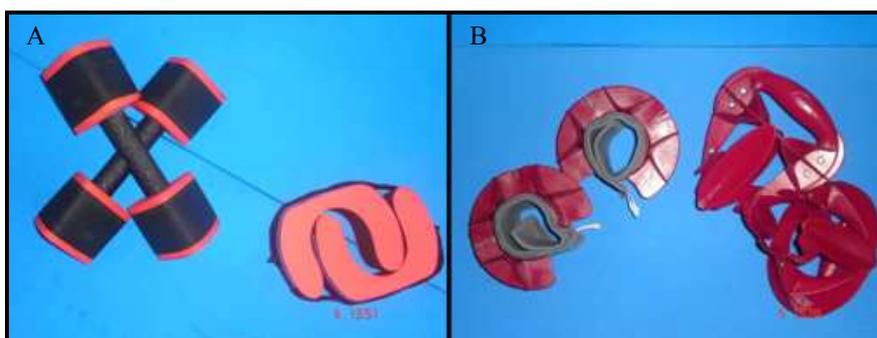


Figura 1 – (A) Equipamento flutuante e (B) equipamento resistivo.

3.3. INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Para a realização dos procedimentos desta pesquisa foram utilizados equipamentos do Laboratório de Pesquisa do Exercício da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LAPEX – UFRGS).

3.3.1. Ficha de dados

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

Para a coleta de dados do teste de esforço máximo, foi utilizada uma ficha, na qual constava uma tabela para o registro dos dados de FC a cada 10 s do início do teste até o máximo esforço (ANEXO E).

Para a coleta de dados do protocolo de testes aquáticos, foi utilizada uma ficha, na qual constavam as seguintes informações: data, nome, idade, massa, estatura e temperatura da água. Além disso, constam tabelas para o registro dos dados de FC para as situações de repouso e exercício, com espaço para a identificação das situações, das cadências e observações (ANEXO F).

3.3.2. Balança

Para a determinação da massa corporal da amostra foi utilizada uma balança de alavanca da marca FILIZOLA, com resolução de 100 gramas.

3.3.3. Estadiômetro

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

3.3.4. Plicômetro

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

3.3.5. Esteira

Para a realização do teste de esforço máximo, foi utilizada uma esteira da marca QUINTON, com resolução para a velocidade de $0,01 \text{ km.h}^{-1}$ e de 1% para a inclinação.

3.3.6. Termômetro

Para controlar a temperatura da água, foi utilizado um termômetro químico, de líquido vermelho, da marca INCOTERM, apresentando resolução de $0,1^{\circ}\text{C}$.

3.3.7. Metrônomo

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

3.3.8. Variáveis cardiorrespiratórias

3.3.8.1. Analisador de gases portátil

Para a avaliação do consumo de oxigênio, tanto no teste de esforço máximo em laboratório como no protocolo de testes aquáticos, foi utilizado um analisador de gases portátil do tipo caixa de mistura, modelo VO2000, da marca INBRAMED (Porto Alegre, Brasil). Esse foi acoplado a um pneumotacógrafo, com variação de 2 a 225 L.min⁻¹ para fluxos baixo, médio e alto. A taxa de amostragem dos valores coletados pelo equipamento é de um ponto a cada 10 segundos. A fonte de alimentação utilizada foi uma fonte chaveada HAYAMA, modelo CH 1220 (Londrina, PR), e os dados foram transmitidos por conexão a um microcomputador via entrada USB.

3.3.8.2. Máscara

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

3.3.8.3. Sensor de batimentos cardíacos

Para a avaliação da frequência cardíaca foi utilizado um transmissor FS1TM, da marca POLAR.

3.3.8.4. Microcomputador para transmissão dos dados de VO₂

Os dados de consumo de oxigênio foram transmitidos para um *notebook* ACER Travelmate 2201LCi, com processador INTEL CELERON D 330. O *software* Aerograph foi utilizado para essa coleta.

3.3.9. Variáveis neuromusculares

3.3.9.1. Eletroestimulador

Para determinação do ponto motor dos músculos de interesse, foi utilizado um eletroestimulador modelo EGF 4030, da marca CARCI.

3.3.9.2. Eletromiógrafo

Para a aquisição dos dados eletromiográficos foi utilizado um eletromiógrafo Miotool 400, da marca MIOTEC Equipamentos Biomédicos (Porto Alegre/Brasil). O equipamento é composto por um sistema de 4 canais, com frequência de amostragem de 2000 Hz por canal, variação de ganho de 200 a 1000 vezes e modo de rejeição comum

maior que 126 Db. A energia foi fornecida por um Sistema de Baterias e os dados foram transmitidos por conexão a um microcomputador via entrada USB.

3.3.9.3. Eletrodos de superfície

Foram utilizados eletrodos adesivos de superfície, com 10 mm de raio de área condutora e 20 mm de raio total, pré-amplificados com configuração bipolar, modelo HAL 242.

3.3.9.4. Adesivos oclusivos

Para o isolamento dos eletrodos de superfície, foram utilizados adesivos oclusivos transparentes TEGADERM da marca 3M, modelo 1624W, com dimensões de 6 cm X 7 cm e 1626W, com dimensões de 10 cm X 12 cm.

3.3.9.5. Silicone

Para auxiliar o isolamento dos eletrodos, foi utilizada cola de silicone transparente Loctite Super Flex.

3.3.9.6. Secador

Para a secagem da cola de silicone, foram utilizados secadores elétricos.

3.3.9.7. Multímetro digital

Foi utilizado um multímetro modelo DT-830B, da marca Smart, para medir a resistência entre os eletrodos e a pele.

3.3.9.8. Goniômetro

Foi utilizado um goniômetro de acrílico, da marca CARCI, para medir os ângulos do quadril e do cotovelo na realização das contrações isométricas voluntárias máximas.

3.3.9.9. Microcomputador para transmissão das variáveis neuromusculares

Os dados eletromiográficos foram transmitidos para um *notebook* DELL Latitude 131L, com processador SEMPRON. O *software* Miograph foi utilizado para essa coleta.

3.3.10. Variáveis cinemáticas

3.3.10.1. Sistemas de filmagem

O sistema de filmagem foi constituído por uma câmera JVC GRDVL9800 Mini DV Digital Camcorder, de 25 Hz, um tripé e uma lâmpada fria, para a iluminação dos pontos refletivos.

3.3.10.2. Fitas

Para a filmagem foram utilizadas fitas Mini DV, de 60 min, da marca SONY.

3.3.10.3. Adesivos refletivos

Para marcar os pontos anatômicos do membro superior e inferior analisados, foram utilizados adesivos refletivos, de cor branca.

3.3.10.4. Alinhamento da cinemática com a eletromiografia

Para o alinhamento do sinal eletromiográfico e da cinemática, foi utilizado um sinal luminoso (LED) que, quando filmado, indicava o início da coleta eletromiográfica.

3.4. PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS

3.4.1. Caracterização da amostra

Foi realizada uma sessão inicial no LAPEX-UFRGS, para a assinatura do termo de consentimento livre informado, preenchimento da ficha de caracterização da amostra e coleta dos dados de massa, estatura, dobras cutâneas, $VO_{2máx}$ e $FC_{máx}$ (Figura 2).



Figura 2 – Sessão inicial para caracterização da amostra.

As medidas de massa corporal e estatura foram realizadas em uma balança e no estadiômetro, respectivamente. Após, foram medidas as dobras cutâneas tricipital, subescapular, peitoral, axilar-média, supra-iliaca, abdominal e coxa com um plicômetro. A partir desses dados foi estimada a densidade corporal através do protocolo de dobras cutâneas proposto por Jackson et al. (1980), e na seqüência, a composição corporal foi calculada por meio da fórmula de Siri *apud* Heyward & Stolarczyk (2000).

Por fim, o teste de esforço máximo foi realizado na esteira ergométrica com a finalidade de avaliar o $VO_{2máx}$ e a $FC_{máx}$ das participantes. Primeiramente, os indivíduos foram posicionados sentados em uma cadeira sobre a esteira para o posicionamento da máscara e do frequencímetro e também para a coleta em repouso. Para o início do teste de esforço máximo, a taxa de troca respiratória (RER) deveria estar abaixo de 0,85.

O protocolo foi em rampa com uma velocidade inicial de 5 km.h^{-1} com 1% de inclinação durante 2 min. Posteriormente, houve incrementos de 1 km.h^{-1} na velocidade a cada minuto, com a manutenção da inclinação, até que os indivíduos atingissem o máximo esforço. O teste foi interrompido quando o indivíduo indicava sua exaustão, através de um sinal manual. A avaliação foi considerada válida se algum dos seguintes critérios fossem alcançados ao final do teste (Howley et al., 1995):

1. Obtenção da $FC_{máx}$ estimada ($220 - \text{idade}$);
2. Ocorrência de um platô no VO_2 com o aumento da velocidade da esteira;
3. Obtenção de uma RER maior do que 1,1.

3.4.2. Familiarização da amostra

Após a sessão inicial, foi realizada uma sessão de familiarização. Nessa sessão, o exercício foi demonstrado e também foram explicados todos os detalhes que deveriam ser devidamente cuidados durante a execução do mesmo. A prática do exercício foi realizada pela amostra nas diferentes situações e cadências que posteriormente foram executadas na coleta de dados.

3.4.3. Protocolo de testes aquáticos

O Protocolo de Testes Aquáticos foi realizado no Centro Natatório da Escola de Educação Física (EsEF) da UFRGS. Foi um dia de coleta para cada sujeito.

A sessão experimental iniciou com a coleta dos dados de VO_2 em repouso, execução das contrações isométricas voluntárias máximas pré-protocolo, execução do protocolo de testes aquáticos e, por fim, execução das contrações isométricas voluntárias máximas pós-protocolo, conforme demonstrado no desenho esquemático da Figura 3. Esse protocolo de testes aquáticos foi composto pelas seguintes etapas: 1) execução do exercício em três situações na cadência submáxima de 80 bpm; 2) repouso na superfície da água; 3) execução do exercício em três situações na cadência de 100 bpm; 4) repouso na superfície da água e 5) execução do exercício em três situações no máximo esforço.

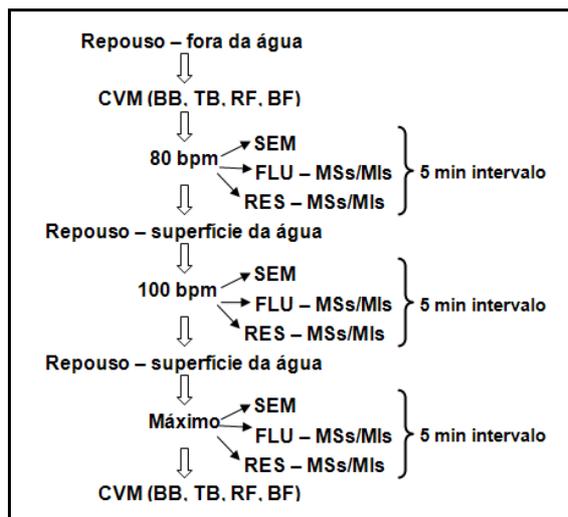


Figura 3 – Desenho esquemático da sessão experimental.

3.4.3.1. Calibração do analisador de gases

Para cada sessão de coleta, o analisador de gases foi ligado, e permaneceu assim durante 30 min, para aquecimento e estabilização das células de análise de gases. Após esse período, duas calibrações automáticas foram realizadas em ambiente livre de altas concentrações de CO₂ (King et al., 1999).

Os dados referentes ao indivíduo avaliado (massa corporal, estatura, idade e sexo) foram registrados no equipamento. Ainda no equipamento, foi selecionado o tipo de fluxo a ser usado (baixo para a situação de repouso e médio para a situação de exercício), de acordo com o pneumotacógrafo, que foi acoplado a um adaptador e esse a uma máscara de neoprene, que foi ajustada em cada indivíduo de forma a evitar qualquer escape de ar.

3.4.3.2. Preparação da pele e posicionamento dos eletrodos

Para o posicionamento dos eletrodos, foi executada uma depilação na pele dos indivíduos, abrasão e limpeza da mesma com algodão e álcool nas superfícies musculares de interesse (DeLuca, 1997). Esse procedimento foi executado para remoção de possíveis células mortas e para diminuição da impedância da pele (Figura 4).



Figura 4 – Depilação, abrasão e limpeza da pele.

A seguir, para determinação do local de posicionamento dos eletrodos, através de um eletroestimulador, foi determinada a zona de inervação (ZI) dos músculos da perna direita reto femoral, bíceps femoral (cabeça longa), e também, foi determinada a mesma ZI nos músculos do braço direito tríceps braquial (cabeça lateral) e bíceps braquial (cabeça curta). Segundo Rainoldi et al. (2004b) e Roy et al. (1986), a ZI é o local onde as terminações nervosas e as fibras musculares estão conectadas. Sendo assim, é a região mais excitável (onde a menor intensidade de corrente vai gerar a maior contração visível ou palpável) do ventre muscular.

O procedimento de determinação da ZI foi realizado com o deslocamento de um eletrodo ativo circunferencial (1 cm de raio) sobre a superfície muscular do membro inferior e superior analisados. Além disso, no momento da determinação da ZI, um segundo eletrodo passivo circunferencial (raio 4 cm), permaneceu posicionado no terço distal da perna direita. A estimulação foi realizada com a geração de uma corrente

farádica com pulso exponencial ajustável entre 1 e 10 Hz e duração de 200 ms. A intensidade foi aumentada até atingir-se o limiar motor que pode ser visível ou palpável (Dainty & Norman, 1987) (Figura 5). Esse método de posicionamento dos eletrodos, o qual é bastante utilizado atualmente, sugere que o sinal EMG seja coletado com os eletrodos posicionados num ponto médio entre a ZI muscular e as inserções distais do músculo de interesse (DeLuca, 1997; Rainoldi et al., 2004b). Dessa forma, os eletrodos bipolares foram posicionados 2 cm da ZI. Esse procedimento foi realizado sempre pelo mesmo pesquisador, para todas as componentes da amostra.



Figura 5 – Determinação da ZI através da eletroestimulação.

A distância entre o centro dos eletrodos foi mantida em 20 mm (Beck et al., 2005). O nível de resistência entre os eletrodos e a pele foi medido no início de cada sessão experimental com um multímetro digital, e foi considerado ideal abaixo de 3000 Ohms (Narici et al., 1989). O eletrodo terra foi posicionado na clavícula.

3.4.3.3. Isolamento dos eletrodos

Rainoldi et al. (2004a), demonstraram que a utilização de adesivos impedindo a entrada e contato da água com os eletrodos é a melhor estratégia para manter inalteradas a frequência e a amplitude do sinal EMG quando o mesmo é coletado no meio aquático.

Dentro dessa perspectiva, no presente estudo os eletrodos de superfície foram devidamente isolados para execução do exercício no meio aquático.

O isolamento foi realizado através da utilização de adesivos oclusivos transparentes sobre os eletrodos, conforme metodologia descrita por Figueiredo et al. (2006) (Figura 6). Na saída dos cabos foi adicionada uma cola de silicone transparente (foi secada com secador por 1 h 30 min aproximadamente) para impedir a entrada da água. Os cabos, assim como os pré-amplificadores, foram fixados com uma fita adesiva para minimizar as interferências no sinal que podem ocorrer devido ao movimento dos mesmos durante a execução do exercício.



Figura 6 – Isolamento dos eletrodos de superfície.

É importante salientar que o procedimento de isolamento dos eletrodos também foi sempre realizado pelos mesmos pesquisadores, para todas as componentes da amostra.

3.4.3.4. Posicionamento dos adesivos refletivos

Os adesivos refletivos foram posicionados nos seguintes pontos anatômicos do membro superior direito: ponto médio entre o acrômio e o epicôndilo lateral do úmero, epicôndilo lateral do úmero e processo estilóide radial. No membro inferior direito, os

mesmos foram posicionados no trocânter maior, epicôndilo lateral do fêmur e maléolo lateral.

3.4.3.5. Determinação do VO_2 em repouso

A coleta do VO_2 em repouso foi realizada em dois momentos: repouso 1 (REP1) e repouso 2 (REP2) (Figura 7). O REP1 foi coletado antes do protocolo de testes aquáticos, assim que o indivíduo estivesse com os eletrodos devidamente isolados. Nesse período o indivíduo permaneceu em decúbito dorsal fora da água por 10 min, e nos últimos 3 min foram coletados os dados de VO_2 . Em relação ao REP2, que foi realizado após a execução do exercício nas três situações na cadência submáxima de 80 bpm, os dados de VO_2 foram coletados até que os mesmos estivessem com valores semelhantes ao do REP1, com o indivíduo em decúbito dorsal na superfície da água. No repouso 3 as variáveis de VO_2 não foram analisadas, visto que as mesmas não foram coletadas durante o máximo esforço (15 s), todavia, foi realizado um intervalo antes da realização do exercício nesse ritmo de execução.

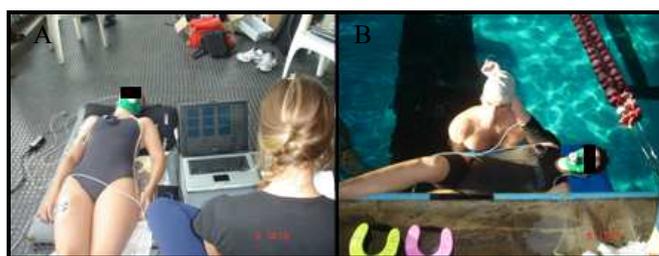


Figura 7 – (A) Coleta do VO_2 em repouso no meio terrestre e (B) na superfície da água.

3.4.3.6. Contração isométrica voluntária máxima (CVM)

A contração isométrica voluntária máxima dos músculos bíceps braquial (cabeça curta), tríceps braquial (cabeça lateral), reto femoral e bíceps femoral (cabeça longa) foi realizada antes e após a execução do protocolo de testes aquáticos.

Os dados das CVM pré-protocolo foram utilizados para a normalização da amplitude do sinal eletromiográfico coletado nas diferentes situações e cadências (Knutson et al., 1994). E, os dados das CVM pós-protocolo foram utilizados para verificar as possíveis mudanças no estado fisiológico dos músculos analisados e interferências da água no sinal EMG ao final da sessão.

Para tanto, foi executado um estudo anterior a esse (Pinto et al., 2009), no qual foram realizadas CVM no meio aquático e no meio terrestre contra uma resistência fixa (Figura 8). Foi mensurada a força dos flexores e extensores do cotovelo, e, flexores e extensores do quadril, concomitantemente com a medida da amplitude do sinal EMG dos músculos bíceps braquial (cabeça curta), tríceps braquial (cabeça lateral), reto femoral e bíceps femoral (cabeça longa).



Figura 8 – Execução da CVM no meio aquático e no meio terrestre contra uma resistência fixa.

Os resultados desse estudo demonstraram que não houve diferença significativa entre o sinal EMG e a produção de força entre os meios aquático e terrestre, com exceção da força dos extensores do quadril que foi significativamente maior para o meio

terrestre. Isso pode ser justificado pelo fato de que a posição para contração dos ísquios-tibiais (grande grupo muscular) está a favor da gravidade. Dessa forma, no meio terrestre o sujeito possivelmente apresenta uma maior produção de força para esse grupo muscular, visto que a contração está facilitada pela gravidade. Todavia, no meio aquático a resultante de força que atua sobre o segmento corporal coxa é atenuada, pois também existe a força de empuxo que atua no sentido contrário da força de gravidade. Contudo, a reprodutibilidade da força dos extensores do quadril, assim como para as outras variáveis, apresentou um valor do teste de coeficiente de correlação intraclasse (ICC) forte e significativo. Os resultados da comparação entre os meios e da reprodutibilidade do sinal EMG e da força podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios (\pm EP) do *root mean square* dos músculos bíceps braquial (BB), tríceps braquial (TB), reto femoral (RF), bíceps femoral (BF), e da produção de força dos flexores do cotovelo (FLC), extensores do cotovelo (EXC), flexores do quadril (FLQ) e extensores do quadril (EXQ) durante a CVM nos meios aquático e terrestre.

Variáveis	Meio aquático		Meio terrestre		T	Sig.	ICC	Sig.
	Média	EP	Média	EP				
BB (μ V)	445,87	\pm 88,55	400,08	\pm 46,43	0,371	0,722	0,686	0,021
TB (μ V)	527,09	\pm 116,51	486,76	\pm 126,79	0,778	0,462	0,909	<0,001
RF (μ V)	133,16	\pm 23,80	130,00	\pm 26,77	0,319	0,761	0,924	0,001
BF (μ V)	126,90	\pm 100,70	122,26	\pm 83,22	0,257	0,807	0,886	0,004
FLC (kg)	12,09	\pm 1,26	12,99	\pm 1,06	-0,941	0,374	0,663	0,018
EXC (kg)	9,49	\pm 0,89	9,43	\pm 0,99	0,136	0,895	0,871	0,001
FLQ (kg)	24,77	\pm 3,84	25,03	\pm 4,08	0,057	0,956	0,920	<0,001
EXQ (kg)	35,29	\pm 8,30	42,57	\pm 5,97	-2,612	0,035*	0,703	0,026

* $p < 0,05$ (Adaptado de Pinto et al., 2009)

Dessa forma, no presente estudo a CVM pré e pós-protocolo, para os quatro músculos analisados, foi realizada no meio terrestre. Para o registro do sinal EMG dos músculos bíceps braquial e tríceps braquial durante a CVM, os sujeitos permaneciam na posição sentada, com o cotovelo direito em 90° (radioulnar supinada) e com o tronco e quadril fixados com velcros. O mesmo posicionamento foi adotado para registro do sinal EMG dos músculos reto femoral e bíceps braquial, com o quadril e joelho em 90° (perna direita). Os ângulos foram medidos com um goniômetro.

A força foi realizada contra uma resistência fixa imposta por uma corrente acoplada na parte inferior da gaiola, para os flexores do cotovelo e quadril, e, acoplada na parte superior da gaiola, para os extensores do cotovelo e quadril (Figura 9). A CVM foi realizada duas vezes (pré e pós-protocolo), durante 5 s para cada músculo analisado.



Figura 9 – Corrente acoplada para realização da CVM contra uma resistência fixa.

3.4.3.7. Determinação das variáveis durante o exercício

No protocolo de testes aquáticos os indivíduos realizaram o exercício de corrida estacionária com a flexão e extensão de cotovelo. Para a execução do mesmo o indivíduo ficou em uma posição inicial em pé, com os braços na posição anatômica ao lado do corpo. A fase ascendente desse exercício foi caracterizada pelo movimento de flexão do quadril e do joelho direitos até aproximadamente 90° , e flexão do cotovelo direito e esquerdo (radioulnar supinada) concomitantemente até aproximadamente 90° , com o punho neutro. A fase descendente foi caracterizada pelo movimento de extensão completa do quadril e do joelho direitos, e extensão completa do cotovelo direito e esquerdo concomitantemente até a posição anatômica.

Para cada situação (SEM, FLU-MSs/MIs, RES-MSs/MIs) o exercício foi executado durante 4 min nas cadências submáximas de 80 e 100 bpm e durante 15 s no máximo esforço. O intervalo entre as situações foi de 5 min e o mesmo entre as

cadências foi representado por um repouso até que os indivíduos retornassem aos seus valores de VO_2 pré-exercício. Durante o exercício submáximo, a aquisição dos dados cardiorrespiratórios, neuromusculares e cinemáticos foi realizada a partir do 3º min de cada cadência. No máximo esforço foi realizado somente a aquisição dos dados neuromusculares e cinemáticos durante os 15 seg.

O protocolo dos testes aquáticos foi realizado em uma piscina funda com dimensões de 25 m X 16 m X 2 m. A temperatura da água foi mantida entre 30 e 31°C e foram utilizados redutores de profundidade, para que os indivíduos alcançassem a profundidade de imersão entre o processo xifóide (em repouso em pé) e ombros (durante o exercício) (Figura 10).



Figura 10 – Execução do exercício sobre redutores de profundidade.

Nas laterais da piscina, existem visores subaquáticos, a 20 cm do fundo, que permitem com que a filmagem seja realizada fora da água. A filmagem foi realizada sempre a 3 m de distância do plano sagital dos sujeitos (Figura 11).



Figura 11 – Filmagem através dos visores subaquáticos.

3.5. TRATAMENTO DOS DADOS

3.5.1. Dados cardiorrespiratórios

A taxa de amostragem para a análise do VO_2 , através do analisador de gases portátil VO2000 é de um ponto a cada 10 s. Sendo assim, a FC também foi coletada nesse mesmo intervalo de tempo, durante todo o período de exercício. Para o repouso, foi realizada a média dos valores dos últimos 3 min de VO_2 , coletados no REP1 e REP2. Para o exercício executado nas cadências submáximas, foi realizado a média dos valores de VO_2 e de FC entre o 3° e 4° min, visto que o tempo mínimo para essas variáveis alcançarem o *steady state* é de 2 min e 20 s (Moraes et al., 2002).

3.5.2. Dados cinemáticos

As fitas gravadas foram descarregadas em um microcomputador no *software* Adobe Premiére, com um desentrelaçamento de 25 para 50 Hz. A partir desses arquivos, os pontos refletivos posicionados para análise do ângulo do cotovelo, quadril e joelho correspondentes às 10 primeiras repetições, foram digitalizados de forma automática

e/ou manual, no *software* DVIDEOW. Para a medida do ângulo do cotovelo foram utilizados os pontos anatômicos localizados no processo estilóide radial, epicôndilo lateral do úmero e ponto médio entre o acrômio e o epicôndilo lateral do úmero, no qual o ângulo interno foi formado pelos segmentos antebraço e braço. O ângulo do quadril foi medido a partir dos pontos anatômicos do trocânter maior, epicôndilo lateral do fêmur e do ponto localizado no ponto médio entre o acrômio e o epicôndilo lateral do úmero, no qual o ângulo interno foi formado pelos segmentos coxa e tronco. E, o ângulo do joelho foi calculado através dos pontos anatômicos trocânter maior, epicôndilo lateral do fêmur e maléolo lateral, no qual o ângulo interno foi formado pelos segmentos perna e coxa. Após essa digitalização, os dados foram filtrados com o filtro do tipo Passa-alta *Butterworth*, de 5ª ordem, com uma frequência de corte de 8 Hz, e processados em uma rotina a qual foi criada para esse estudo no *software* Matlab versão 5.3. Através do processamento dessa rotina, foram gerados arquivos de posição e de velocidade angular da articulação do cotovelo, quadril e joelho pelo tempo. Esses arquivos foram exportados para o *software* SAD32 para as análises posteriores.

A partir dos gráficos de posição angular do cotovelo X tempo, posição angular do quadril X tempo e posição angular do joelho X tempo foram obtidos os pontos do tempo inicial e final de cada repetição, e, também os pontos iniciais e finais das fases de flexão e extensão, utilizando-se a ferramenta “Acha Picos”. Esses tempos iniciais e finais de cada repetição e de cada fase foram posteriormente utilizados para os recortes do sinal eletromiográfico, da amplitude de movimento e da velocidade angular média. Os gráficos, da posição angular cotovelo X tempo, joelho X tempo e quadril X tempo, de uma das componentes da amostra podem ser visualizados na Figura 12 para a cadência de 100 bpm na situação SEM.

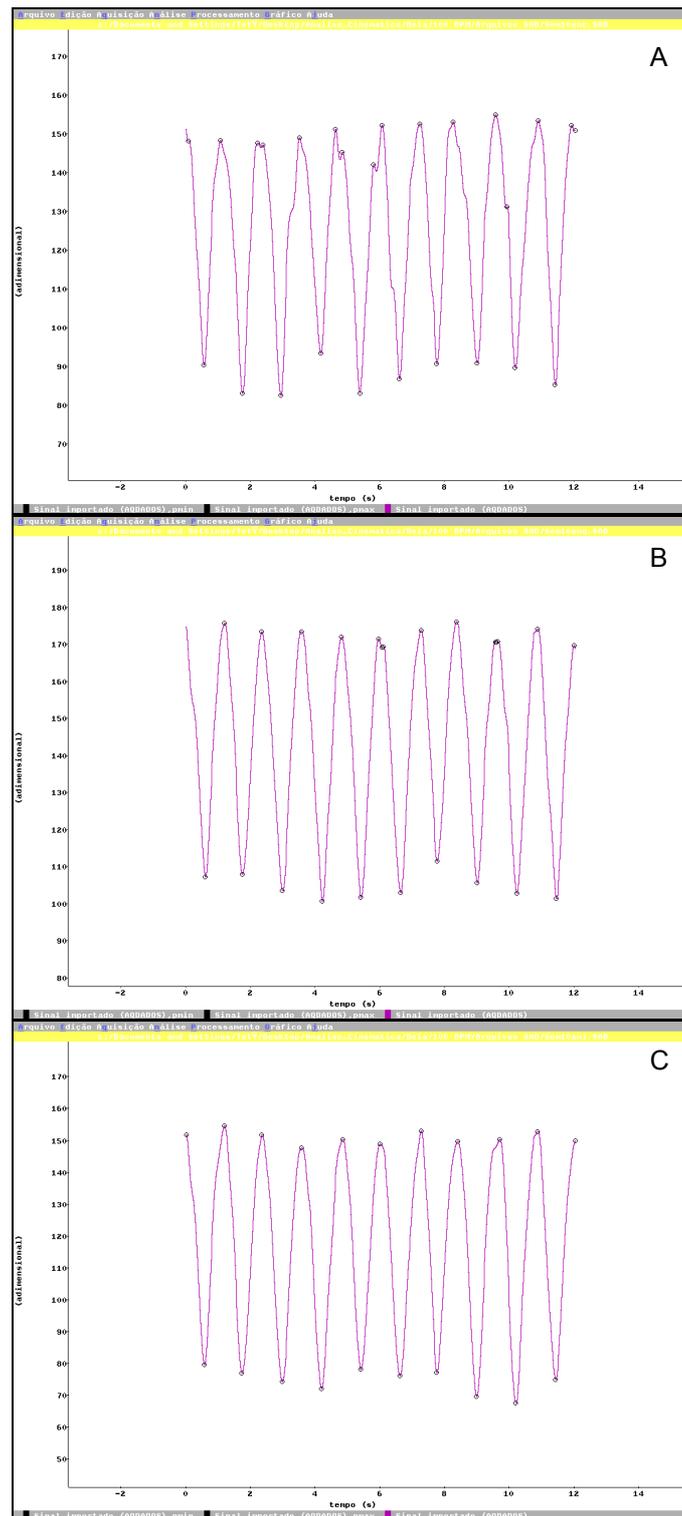


Figura 12 – (A) Exemplo do gráfico da posição angular do cotovelo x tempo, (B) posição angular do joelho x tempo e (C) posição angular do quadril x tempo de uma das participantes da amostra, no exercício executado em 100 bpm na situação SEM.

Para o cálculo da amplitude de movimento e velocidade angular média de flexão e extensão do cotovelo, quadril e joelho, foi realizado uma média de cinco fases de movimento para posterior análise estatística.

3.5.3. Dados neuromusculares

O sinal que foi captado pelo eletromiógrafo, foi gravado em um microcomputador no *software* de aquisição dos dados *Miograph*. A conversão analógica digital (A/D) do eletromiógrafo Miotool é equipada com *Program Gains* (PGA's) internos. Dessa forma, o próprio programa de aquisição dos sinais EMG computa os valores de ganhos que estão sendo utilizados na aquisição, fazendo a compensação destes valores automaticamente, sem haver a necessidade de divisões posteriores à aquisição.

Após a aquisição do sinal, os arquivos salvos no *Miograph* foram exportados para análise no *software* SAD32. Nesse *software*, primeiramente foi realizada a remoção dos componentes contínuos do sinal EMG. A seguir, foi realizada a filtragem digital do sinal, através dos filtros do tipo Passa-banda *Butterworth*, de 5ª ordem, com frequências de corte entre 20 e 500 Hz.

As curvas do sinal correspondente às contrações isométricas voluntárias máximas (tempo de 5 s) foram recortadas entre os tempos 2 e 4 s para a obtenção do valor *root mean square* (RMS) (Figura 13). Os valores RMS obtidos da CVM pré-protocolo de cada músculo foram utilizados para normalizar os dados das diferentes situações experimentais. Além disso, esses valores da CVM pré-protocolo foram comparados aos valores obtidos na CVM pós-protocolo.

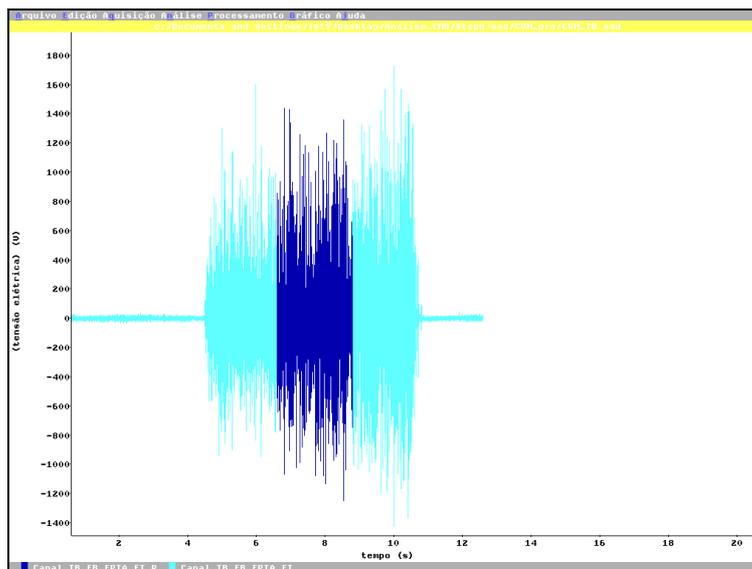


Figura 13 – Exemplo do recorte do sinal EMG do músculo TB durante a CVM pré-protocolo de uma das participantes da amostra.

3.5.3.1. Tratamento do sinal EMG nas situações e cadências

A partir dos pontos do tempo inicial e final de cada repetição e do tempo inicial e final de cada fase do movimento, foram realizados os recortes (Figura 14). Esses recortes foram realizados, para cada indivíduo em todas as situações experimentais, apenas em cinco repetições e fases do sinal adquirido (a partir do 3º min nos exercícios submáximos e a execução total no exercício máximo). Além disso, no máximo esforço, as primeiras cinco repetições (após o sinal luminoso) não foram analisadas, pois o sinal EMG deveria estar estabilizado. Posteriormente aos recortes, foi obtido o valor RMS correspondente a cada uma das repetições e fases, e com esses valores foi realizado uma média. Por fim, os valores foram normalizados e expressos em percentual da CVM (% CVM), para a posterior análise estatística.

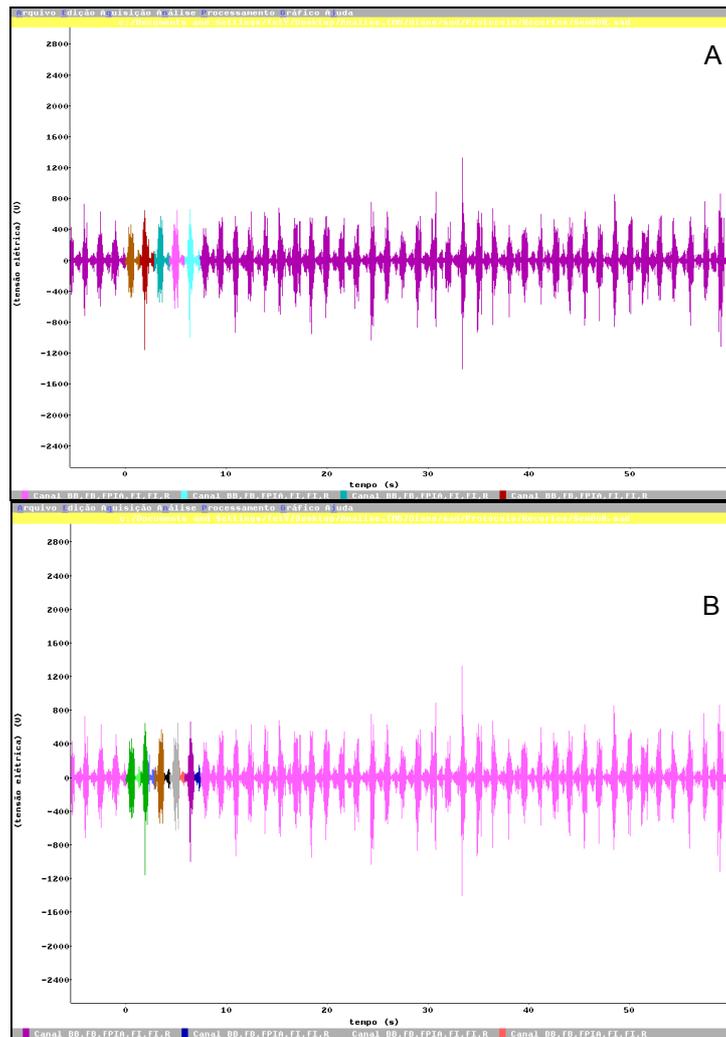


Figura 14 – (A) Exemplo do recorte por repetição e (B) por fase, do sinal EMG do músculo BB durante a execução do exercício em 80 bpm na situação SEM, para uma das participantes da amostra.

3.6. DESENHO EXPERIMENTAL

GRUPOS	TRATAMENTOS	TESTES
A	X ₁	O ₁
	X ₂	O ₂
	X ₃	O ₃ - O ₄ - O ₅ - O ₆ - O ₇ - O ₈ - O ₉
	X ₄	O ₃ - O ₄ - O ₅ - O ₆ - O ₇ - O ₈ - O ₉
	X ₅	O ₃ - O ₄ - O ₅ - O ₆ - O ₇ - O ₈ - O ₉
	X ₆	O ₁
	X ₇	O ₃ - O ₄ - O ₅ - O ₆ - O ₇ - O ₈ - O ₉
	X ₈	O ₃ - O ₄ - O ₅ - O ₆ - O ₇ - O ₈ - O ₉
	X ₉	O ₃ - O ₄ - O ₅ - O ₆ - O ₇ - O ₈ - O ₉
	X ₁₀	O ₇ - O ₈ - O ₉
	X ₁₁	O ₇ - O ₈ - O ₉
	X ₁₂	O ₇ - O ₈ - O ₉
	X ₁₃	O ₂

A = grupo experimental executando o exercício corrida estacionária com a flexão e extensão de cotovelo

X₁ = tratamento 1, repouso pré-exercício aquático

X₂ = tratamento 2, contração isométrica voluntária máxima pré-protocolo

X₃ = tratamento 3, execução do exercício sem o uso de equipamento na cadência de 80 bpm

X₄ = tratamento 4, execução do exercício com o uso de equipamento flutuante em ambos os membros na cadência de 80 bpm

X₅ = tratamento 5, execução do exercício com o uso de equipamento resistivo em ambos os membros na cadência de 80 bpm

X₆ = tratamento 6, repouso pré-exercício aquático

X₇ = tratamento 7, execução do exercício sem o uso de equipamento na cadência de 100 bpm

X₈ = tratamento 8, execução do exercício com o uso de equipamento flutuante em ambos os membros na cadência de 100 bpm

X₉ = tratamento 9, execução do exercício com o uso de equipamento resistivo em ambos os membros na cadência de 100 bpm

X_{10} = tratamento 11, execução do exercício sem o uso de equipamento no máximo esforço

X_{11} = tratamento 12, execução do exercício com o uso de equipamento flutuante em ambos os membros no máximo esforço

X_{12} = tratamento 13, execução do exercício com o uso de equipamento resistivo em ambos os membros no máximo esforço

X_{13} = tratamento 14, contração isométrica voluntária máxima pós-protocolo

O_1 = consumo de oxigênio de repouso

O_2 = amplitude do sinal eletromiográfico dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial, reto femoral e bíceps femoral durante a contração isométrica voluntária máxima

O_3 = frequência cardíaca em exercício

O_4 = consumo de oxigênio em exercício

O_5 = percentual da frequência cardíaca máxima em exercício

O_6 = percentual do consumo de oxigênio máximo em exercício

O_7 = amplitude de movimento do cotovelo, quadril e joelho em exercício

O_8 = velocidade angular média do cotovelo, quadril e joelho em exercício

O_9 = percentual da contração isométrica voluntária máxima dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial, reto femoral e bíceps femoral em exercício

3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para analisar os dados coletados foi utilizada estatística descritiva através de média e erro-padrão. A normalidade da amostra foi verificada através do teste de *Shapiro-Wilk* (ANEXO G). Comprovando-se a distribuição normal dos dados, foi utilizado o teste T pareado para a comparação do VO_2 entre o REP1 e REP2 e também

para a comparação da CVM pré e pós-protocolo. A reprodutibilidade das medidas da CVM foi testada através do teste de coeficiente de correlação intraclassa (ICC).

Para comparar as variáveis cardiorrespiratórias e neuromusculares nas diferentes situações e cadências, foi utilizado o teste ANOVA de 2 fatores para medidas repetidas. Além disso, foi utilizado o teste ANOVA de 3 fatores para medidas repetidas para comparar apenas as variáveis cinemáticas e neuromusculares nas diferentes situações, cadências e fases do movimento. Tanto para a ANOVA de 2 e 3 fatores para medidas repetidas, foi utilizado o teste complementar de Bonferroni. O índice de significância adotado neste estudo foi de $p < 0,05$. Todos os testes estatísticos foram realizados no programa estatístico SPSS vs 15.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra foi composta por 15 mulheres jovens, voluntárias e saudáveis. A Tabela 2 apresenta os resultados médios e de variabilidade (erro-padrão da média (EP), valores mínimos e máximos) das variáveis de caracterização da amostra (idade, estatura, massa corporal, massa corporal magra, gordura corporal, frequência cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$) e consumo de oxigênio máximo ($VO_{2\text{máx}}$)).

Tabela 2 – Caracterização da amostra: médias, erros-padrão da média (EP), valores mínimos e máximos das variáveis idade, estatura, massa corporal, massa corporal magra, gordura corporal, frequência cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$) e consumo de oxigênio máximo ($VO_{2\text{máx}}$).

Variáveis	Média	EP	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	23,33	± 0,51	20,00	26,00
Estatura (cm)	164,03	± 1,49	156,00	177,00
Massa corporal (kg)	58,36	± 1,19	51,50	66,00
Massa corporal magra (%)	72,15	± 0,74	65,34	76,23
Gordura corporal (%)	27,85	± 0,74	23,77	34,66
$FC_{\text{máx}}$ (bpm)	192,67	± 1,68	180,00	203,00
$VO_{2\text{máx}}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	41,26	± 1,43	33,06	53,99

4.2. RESULTADOS EM RELAÇÃO À EFICÁCIA DO PROTOCOLO

4.2.1. Respostas de consumo de oxigênio em repouso

O consumo de oxigênio (VO_2) foi mensurado antes da realização do exercício nas cadências submáximas de 80 e 100 bpm, com os sujeitos em decúbito dorsal. Os resultados da comparação entre as médias dos dois momentos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Teste T pareado para o consumo de oxigênio (VO_2) entre as situações de repouso 1 (Rep1) e repouso 2 (Rep2).

Variáveis	Rep1		Rep2		T	Sig.
	Média	EP	Média	EP		
VO_2 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	4,64	± 0,24	4,16	± 0,23	2,09	0,058

O resultado do VO_2 não apresentou diferença significativa entre as duas situações de repouso. Sendo assim, os sujeitos iniciaram o exercício em ambas as cadências submáximas com um consumo de oxigênio em repouso semelhante, demonstrando que os mesmos partiram de uma mesma situação metabólica antes de realizarem parte do protocolo em que foram coletadas as variáveis cardiorrespiratórias durante o exercício.

4.2.2. Respostas da contração isométrica voluntária máxima (CVM)

A contração isométrica voluntária máxima dos músculos BB, TB, RF e BF foi realizada antes e após a realização do protocolo de testes aquáticos. Os resultados da comparação da amplitude do sinal eletromiográfico (EMG), dos músculos analisados no presente estudo, entre os momentos pré-protocolo e pós-protocolo são apresentados na Tabela 4. Os valores do teste de coeficiente de correlação intraclassa (ICC) também são apresentados para todas as variáveis.

Tabela 4 – Teste T pareado e coeficiente de correlação intraclassa (ICC) para a variável contração isométrica voluntária máxima dos músculos bíceps braquial (BB), tríceps braquial (TB), reto femoral (RF) e bíceps femoral (BF) entre as situações pré e pós-protocolo.

Variáveis	Pré-protocolo		Pós-protocolo		T	Sig.	ICC	Sig.
	Média	EP	Média	EP				
BB (μV)	471,40	± 67,47	399,08	± 57,45	1,956	0,082	0,826	0,001
TB (μV)	331,17	± 40,09	308,72	± 26,45	1,049	0,321	0,801	0,002
RF (μV)	101,17	± 17,26	75,74	± 12,31	1,897	0,087	0,600	0,019
BF (μV)	76,38	± 19,80	75,84	± 12,48	0,037	0,971	0,608	0,014

Os resultados demonstraram que não houve diferença significativa na amplitude do sinal EMG para todos os músculos analisados entre as situações de realizar a CVM

pré e pós-protocolo de testes aquáticos. Além disso, os valores de ICC foram fortes e significativos, demonstrando a reprodutibilidade das medidas entre os dois momentos. Sendo assim, pode-se afirmar que o protocolo executado não alterou o sinal EMG, pois caso ocorresse alguma alteração, seria verificado uma mudança no estado fisiológico dos músculos analisados (DeLuca, 1997). Ainda é importante salientar que tais resultados demonstram a eficácia da metodologia de isolamento utilizada no presente estudo, visto que não foram encontradas diferenças significativas no sinal EMG após a realização do protocolo de testes no meio aquático (Rainoldi et al., 2004a).

4.2.3. Respostas da duração de uma repetição de exercício nas diferentes cadências e situações

As respostas referentes à duração de uma repetição do cotovelo e quadril foram comparadas entre as situações de exercício (SEM, FLU-MSs/MIs, RES-MSs/MIs) nas cadências de 80, 100 bpm e máximo esforço. Para tanto, utilizou-se ANOVA de 2 fatores para medidas repetidas, com *post-hoc* de Bonferroni. As durações das repetições nas diferentes situações são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Análise de variância dos efeitos principais cadência (Cad) e situação (Sit) e do fator de interação (Cad*Sit): médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis duração de repetição do cotovelo e duração de repetição do quadril para as diferentes situações executadas nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço.

Variáveis	Situações	80 bpm		100 bpm		Máximo		Cad Sig.	Sit Sig.	Cad*Sit Sig.
		Média	EP	Média	EP	Média	EP			
Duração repetição cotovelo (s)	SEM	1,51	± 0,01	1,19	± 0,01	0,72	± 0,02	<0,001	0,713	0,016*
	FLU-MSs/MIs	1,50	± 0,01	1,17	± 0,01	0,74	± 0,02			
	RES-MSs/MIs	1,48	± 0,01	1,19	± 0,01	0,77	± 0,03			
Duração repetição quadril (s)	SEM	1,43	± 0,02	1,20	± 0,01	0,71	± 0,02	<0,001	0,006	0,003*
	FLU-MSs/MIs	1,50	± 0,01	1,18	± 0,01	0,78	± 0,03			
	RES-MSs/MIs	1,49	± 0,01	1,17	± 0,01	0,78	± 0,03			

* Indica interação estatisticamente significativa entre os fatores cadência*situação.

Esses resultados demonstraram que o fator cadência exerceu influência sobre as duas variáveis analisadas. O fator situação exerceu influência sobre a duração de

repetição do quadril. Visto que houve interação entre os fatores cadência*situação, foi realizado um desdobramento para testar novamente esses fatores principais tanto para a duração de repetição do cotovelo quanto para a duração de repetição do quadril. O resultado do desdobramento avaliando o fator cadência pode ser visualizado na Tabela 6 e na Figura 15, e o mesmo avaliando o fator situação pode ser observado na Tabela 7 e na Figura 16.

Tabela 6 – Desdobramento da interação cadência*situação, avaliando o fator cadência para as variáveis duração de repetição do cotovelo e duração de repetição do quadril.

Variável	Fator	Situação	F	Sig.
Duração repetição cotovelo	Cadência	SEM	608,332	<0,001
		FLU-MSs/MIs	561,653	<0,001
		RES-MSs/MIs	275,743	<0,001
Duração repetição quadril	Cadência	SEM	457,017	<0,001
		FLU-MSs/MIs	287,823	<0,001
		RES-MSs/MIs	288,039	<0,001

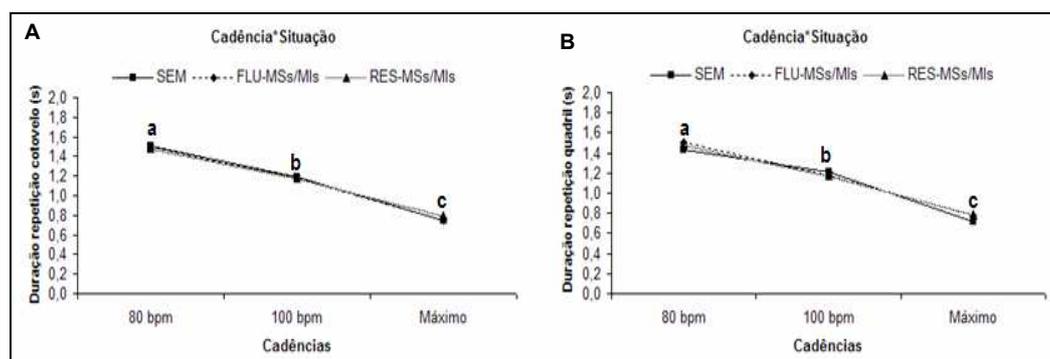


Figura 15 – (A) Comportamento da interação cadência*situação para a duração de repetição do cotovelo e (B) quadril nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço para as situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs. Diferentes letras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências ($p < 0,05$).

Tabela 7 – Desdobramento da interação cadência*situação, avaliando o fator situação para as variáveis duração de repetição do cotovelo e duração de repetição do quadril.

Variável	Fator	Cadência	F	Sig.
Duração repetição cotovelo	Situação	80 bpm	3,412	0,055
		100 bpm	0,564	0,579
		Máximo	3,080	0,097
Duração repetição quadril	Situação	80 bpm	5,510	0,025
		100 bpm	3,737	0,040
		Máximo	11,882	<0,001

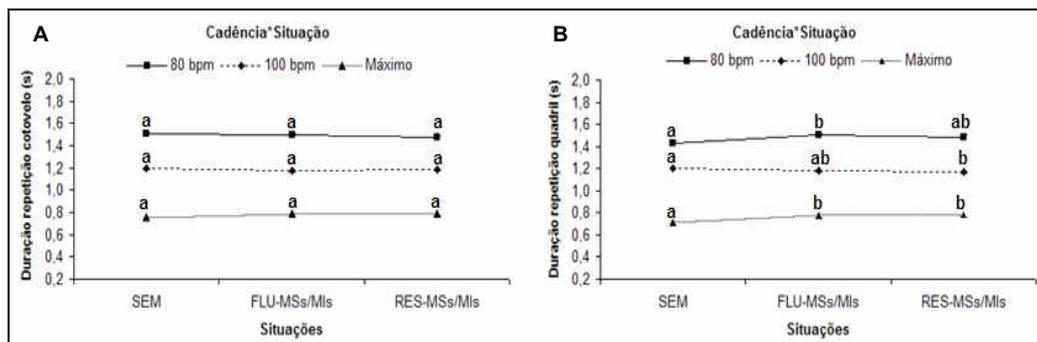


Figura 16 – (A) Comportamento da interação cadência*situação para a duração de repetição do cotovelo e (B) quadril nas situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs para as cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço. Diferentes letras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as situações ($p < 0,05$).

Os resultados do desdobramento demonstraram haver diferenças significativas entre todas as cadências analisadas, com valores significativamente menores da duração de repetição do cotovelo e do quadril para o máximo esforço. Esses resultados estão de acordo com o estudo de Alberton (2007), que encontrou uma duração de repetição do quadril, na cadência de 80 bpm, de $1,48 \pm 0,01$ s, e, na cadência de 100 bpm, de $1,20 \pm 0,01$ s. Em relação as diferentes situações, para a duração de repetição do cotovelo não foi verificada nenhuma diferença entre SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs. Todavia, para a duração de repetição do quadril na cadência de 80 bpm FLU-MSs/MIs diferiu de SEM, com valor menor dessa variável para a situação SEM. Na cadência de 100 bpm a situação RES-MSs/MIs foi diferente de SEM, mas com valor menor de duração de repetição do quadril para RES-MSs/MIs. Por fim, no máximo esforço a situação SEM apresentou uma menor duração de repetição do quadril em comparação as duas situações de uso de equipamento. Esses resultados demonstram que os sujeitos nas diferentes situações oscilaram um pouco o ritmo de execução estabelecido pelo metrônomo, com uma tendência das situações com equipamento apresentarem uma duração de repetição maior do que a mesma durante o exercício sem equipamento.

4.3. RESULTADOS DURANTE O PROTOCOLO DE TESTES AQUÁTICOS

4.3.1. Respostas cardiorrespiratórias em exercício

As respostas cardiorrespiratórias durante o exercício realizado nas cadências de 80 e 100 bpm, nas situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Análise de variância dos efeitos principais cadência (Cad) e situação (Sit) e do fator de interação (Cad*Sit): médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis frequência cardíaca (FC), percentual da frequência cardíaca máxima (%FC_{máx}), consumo de oxigênio (VO₂) e percentual do consumo de oxigênio máximo (%VO_{2máx}) para as diferentes situações executadas nas cadências de 80 e 100 bpm.

Variáveis	Situações	80 bpm		100 bpm		Cad Sig.	Sit Sig.	Cad*Sit Sig.
		Média	EP	Média	EP			
FC (bpm)	SEM	125,12 ^{a*}	± 1,07	139,21 ^a	± 1,37	<0,001	<0,001	0,081
	FLU-MSs/MIs	130,36 ^{b*}	± 1,42	153,83 ^b	± 1,58			
	RES-MSs/MIs	133,20 ^{b*}	± 1,21	150,68 ^b	± 1,45			
%FC _{máx} (%)	SEM	64,84 ^{a*}	± 0,61	72,09 ^a	± 0,73	<0,001	<0,001	0,084
	FLU-MSs/MIs	67,63 ^{b*}	± 0,82	78,04 ^b	± 0,86			
	RES-MSs/MIs	68,99 ^{b*}	± 0,66	79,69 ^b	± 0,78			
VO ₂ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	SEM	17,16 ^{a*}	± 0,22	18,54 ^a	± 0,26	0,038	0,006	0,501
	FLU-MSs/MIs	17,72 ^{b*}	± 0,26	19,98 ^b	± 0,30			
	RES-MSs/MIs	19,26 ^{b*}	± 0,27	21,88 ^b	± 0,44			
%VO _{2máx} (%)	SEM	42,76 ^{a*}	± 0,84	45,88 ^a	± 0,79	0,049	0,008	0,414
	FLU-MSs/MIs	44,14 ^{b*}	± 0,90	49,46 ^b	± 0,89			
	RES-MSs/MIs	47,85 ^{b*}	± 0,93	54,33 ^b	± 1,31			

Diferentes letras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as situações.

* Indica diferença estatisticamente significativa entre as cadências.

Esses resultados demonstram que o fator cadência exerceu influência significativa sobre todas as variáveis analisadas, com valores significativamente maiores para a cadência de 100 bpm comparada a de 80 bpm. O fator situação também influenciou significativamente todas as variáveis, e, o teste complementar de Bonferroni indicou diferenças significativas entre as situações SEM em comparação a FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs. Todavia não foi encontrada diferença significativa entre as situações de uso de equipamento (FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs), sendo que tais situações apresentaram valores maiores do que a situação SEM.

A interação entre os fatores cadência*situação não foi significativa para todas as variáveis. Logo, isso indica que, independente da situação, as respostas cardiorrespiratórias foram sempre maiores para a cadência de 100bpm, e, que independente das cadências as mesmas respostas foram sempre maiores com o uso de equipamento. O comportamento das curvas pode ser visualizado de forma gráfica para todas as variáveis cardiorrespiratórias na Figura 17.

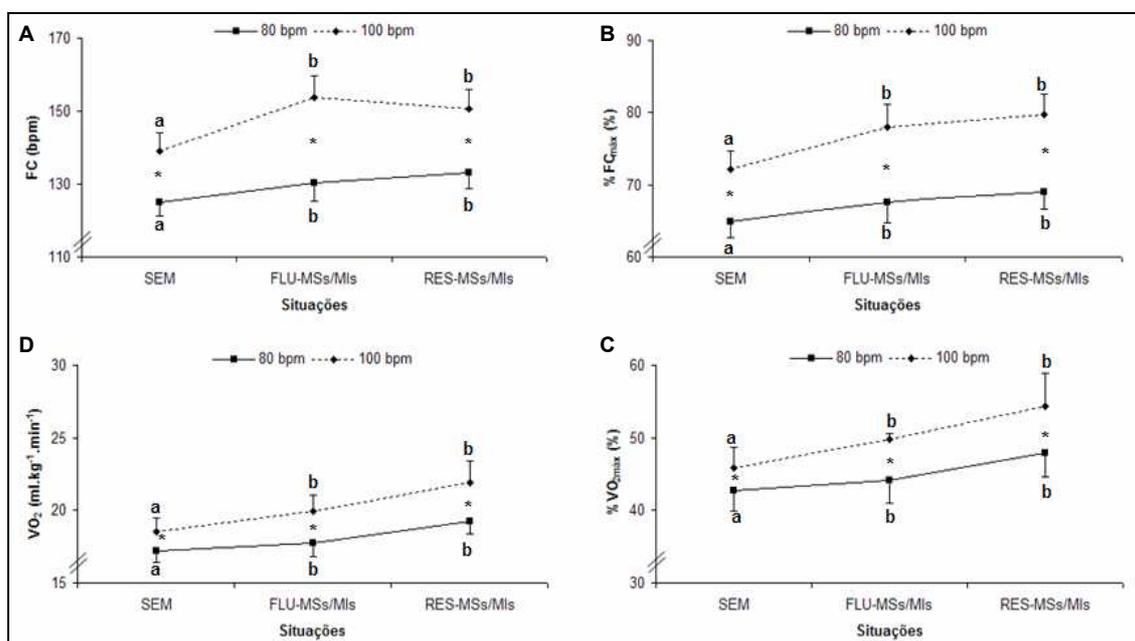


Figura 17 – (A) Comportamento da frequência cardíaca (FC), (B) percentual da frequência cardíaca máxima (%FC_{máx}), (C) consumo de oxigênio (VO₂) e (D) percentual do consumo de oxigênio máximo (%VO_{2máx}) para as diferentes situações executadas nas cadências de 80 e 100 bpm. * Indica diferença estatisticamente significativa entre as cadências de 80 e 100 bpm ($p < 0,05$). Diferentes letras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as situações ($p < 0,05$).

4.3.1.1. Discussão das respostas cardiorrespiratórias em exercício

Conforme os resultados do presente estudo, o exercício de corrida estacionária com a flexão e extensão de cotovelo apresentou maiores respostas de FC e VO₂ com o aumento da cadência e também com o uso de equipamento. Esses dados, do aumento dessas variáveis com o incremento da cadência, corroboram com outros estudos que investigaram exercícios aquáticos na posição vertical (Cassady & Nielsen, 1992;

Alberton et al., 2005; Alberton et al., 2009a). Esse aumento das respostas de FC e VO_2 pode ser explicado pelo fato de que o aumento da velocidade de execução consequentemente aumenta a resistência na água, incrementando a intensidade do exercício. Ainda cabe salientar, que a velocidade é elevada ao quadrado e diretamente proporcional à resistência ao avanço, de acordo com a equação dos fluidos, influenciando assim significativamente a sobrecarga mecânica no meio aquático (Pöyhönen et al., 2000).

Em relação ao uso de equipamentos, os resultados do presente estudo também apresentaram maiores respostas de FC e VO_2 com a utilização dos mesmos. Todavia, não foram encontradas diferenças, nas mesmas variáveis, entre os equipamentos resistivo e flutuante. Esses resultados de aumento das respostas cardiorrespiratórias com o uso de equipamento resistivo estão de acordo com outros estudos, que também analisaram tais respostas em exercícios específicos de hidroginástica com uso de equipamentos apropriados para o meio aquático (Pinto et al., 2006; Pinto et al., 2008; Souza et al., 2009). Entretanto, em relação ao uso de equipamento flutuante, apenas um estudo na literatura pesquisada demonstra não haver diferença na resposta da FC durante a execução do exercício com ou sem halteres flutuantes. Os resultados do presente estudo diferiram aos do estudo de Costa et al. (2008), pois observou-se que as respostas de FC e VO_2 foram maiores com o uso do equipamento flutuante em comparação a situação SEM. Todavia, no estudo de Costa et al. (2008) foi utilizado apenas halteres flutuantes, sendo que no presente estudo utilizou-se halteres e caneleiras flutuantes durante o exercício analisado.

Possivelmente a execução do exercício com equipamento flutuante não diferiu da mesma com equipamento resistivo pelo fato de que principalmente durante a realização da flexão e extensão de cotovelo outros grupos musculares estão sendo

contraídos isometricamente durante a execução desse movimento a favor da força de empuxo (por exemplo, depressores da escápula). Logo, apesar de o empuxo assistir o movimento dos flexores do cotovelo, outros músculos colaboraram para que as respostas cardiorrespiratórias aumentassem durante o exercício, tanto quanto as mesmas aumentaram com a situação de usar o equipamento resistivo, o qual promove resistência para as duas fases do movimento analisado nesse estudo.

4.3.2. Respostas cinemáticas em exercício

Os resultados das respostas cinemáticas durante o exercício executado nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e no máximo esforço, nas situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs durante as fases de flexão e extensão, são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Análise descritiva dos resultados: médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis amplitude de movimento do cotovelo (ADMC), amplitude de movimento do quadril (ADMQ), amplitude de movimento do joelho (ADMJ), velocidade angular média do cotovelo (VAMC), velocidade angular média do quadril (VAMQ) e velocidade angular média do joelho (VAMJ) para as fases de flexão e extensão nas diferentes situações executadas nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço.

Variáveis	Fase	Situação	80 bpm		100 bpm		Máximo	
			Média	EP	Média	EP	Média	EP
ADMC (graus)	Flexão	SEM	93,65	± 3,55	83,20	± 5,07	71,73	± 3,64
		FLU-MSs/MIs	105,77	± 5,25	96,84	± 6,65	91,04	± 6,06
		RES-MSs/MIs	105,73	± 3,99	100,38	± 4,22	91,64	± 3,89
	Extensão	SEM	94,64	± 8,64	84,00	± 5,33	72,62	± 3,53
		FLU-MSs/MIs	105,49	± 5,25	97,88	± 6,48	90,38	± 5,88
		RES-MSs/MIs	106,31	± 3,91	99,40	± 3,92	91,34	± 3,77
ADMQ (graus)	Flexão	SEM	71,52	± 2,21	73,94	± 2,63	83,11	± 3,61
		FLU-MSs/MIs	71,35	± 2,03	75,25	± 2,43	82,05	± 2,76
		RES-MSs/MIs	72,33	± 2,61	74,27	± 3,65	79,43	± 2,65
	Extensão	SEM	71,96	± 2,08	73,66	± 2,57	82,96	± 3,46
		FLU-MSs/MIs	71,74	± 1,98	75,89	± 2,40	82,53	± 2,61
		RES-MSs/MIs	73,31	± 2,68	74,29	± 3,74	79,58	± 2,37
ADMJ (graus)	Flexão	SEM	69,40	± 3,76	82,52	± 3,61	104,97	± 3,56
		FLU-MSs/MIs	74,02	± 4,03	87,95	± 2,60	98,47	± 3,29
		RES-MSs/MIs	70,05	± 3,27	81,77	± 4,01	97,90	± 3,30
	Extensão	SEM	70,01	± 3,70	82,17	± 3,52	105,52	± 3,57
		FLU-MSs/MIs	74,67	± 4,09	88,26	± 2,54	99,04	± 3,19
		RES-MSs/MIs	70,60	± 3,44	81,67	± 4,17	98,46	± 3,27
VAMC (graus.s ⁻¹)	Flexão	SEM	132,08	± 6,56	143,19	± 9,10	166,62	± 8,18
		FLU-MSs/MIs	146,26	± 11,24	178,89	± 20,63	209,14	± 16,87
		RES-MSs/MIs	148,59	± 8,15	172,24	± 7,05	224,26	± 14,69
	Extensão	SEM	122,77	± 5,93	129,66	± 8,11	183,13	± 13,23
		FLU-MSs/MIs	126,91	± 8,36	162,59	± 21,52	208,20	± 17,10
		RES-MSs/MIs	129,74	± 5,70	159,20	± 12,85	226,83	± 16,19
VAMQ (graus.s ⁻¹)	Flexão	SEM	106,73	± 3,85	128,94	± 4,29	219,30	± 8,46
		FLU-MSs/MIs	105,61	± 3,85	127,14	± 6,01	204,09	± 8,86
		RES-MSs/MIs	105,52	± 6,08	124,78	± 5,90	191,35	± 10,04
	Extensão	SEM	108,51	± 3,44	123,54	± 4,69	230,47	± 11,43
		FLU-MSs/MIs	96,59	± 3,37	132,14	± 4,10	211,05	± 8,31
		RES-MSs/MIs	104,21	± 4,70	126,14	± 6,60	206,98	± 10,90
VAMJ (graus.s ⁻¹)	Flexão	SEM	113,90	± 8,58	133,55	± 6,00	276,78	± 11,69
		FLU-MSs/MIs	115,77	± 7,11	148,70	± 6,41	245,90	± 10,14
		RES-MSs/MIs	111,62	± 8,11	141,47	± 6,86	235,85	± 9,51
	Extensão	SEM	96,69	± 4,93	145,67	± 9,10	270,20	± 10,85
		FLU-MSs/MIs	98,05	± 5,97	144,37	± 3,67	238,88	± 11,47
		RES-MSs/MIs	97,24	± 5,82	129,85	± 6,62	241,05	± 11,78

Os resultados dos fatores principais cadência, situação e fase, bem como as interações entre esses fatores são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Análise de variância dos fatores principais cadência (Cad), situação (Sit) e fase e dos fatores de interação para as variáveis amplitude de movimento do cotovelo (ADMC), amplitude de movimento do quadril (ADMQ), amplitude de movimento do joelho (ADMJ), velocidade angular média do cotovelo (VAMC), velocidade angular média do quadril (VAMQ) e velocidade angular média do joelho (VAMJ).

Variáveis	Cadência	Situação	Fase	Cad*Sit	Cad*Fase	Sit*Fase	Cad*Sit* Fase
ADMC	<0,001	<0,001	0,501	0,605	0,839	0,348	0,661
ADMQ	0,001	0,793	0,470	0,627	0,383	0,259	0,741
ADMJ	<0,001	0,133	0,300	0,032	0,133	0,754	0,904
VAMC	0,001	0,039	0,144	0,178	0,020	0,323	0,861
VAMQ	<0,001	0,006	0,484	0,085	0,022	0,601	0,217
VAMJ	<0,001	0,008	0,039	<0,001	0,034	0,436	0,054

Os resultados do fator cadência foram significativos para todas as variáveis analisadas. O fator situação apenas não foi significativo para as variáveis ADMQ e ADMJ. Para o fator fase, os resultados demonstraram que esse fator não exerceu influência sobre todas as variáveis analisadas, com exceção da VAMJ.

A interação entre os fatores cadência*situação foi significativa para as variáveis ADMJ e VAMJ. A interação cadência*fase foi significativa para as variáveis de VAMC, VAMQ E VAMJ. Todavia, a interação situação*fase não foi significativa para nenhuma das variáveis analisadas. Por fim, a interação entre cadência*situação*fase tendeu a ser significativa apenas para a VAMJ.

Fator cadência:

Para a ADMC houve diferenças significativas entre todas as cadências, com valores dessa variável menores conforme o aumento do ritmo de execução. Na ADMQ não houve diferença significativa entre as cadências submáximas de 80 e 100 bpm, mas a cadência de 80 bpm diferiu significativamente do máximo esforço, com valores maiores de ADMQ no máximo esforço (Figura 18).

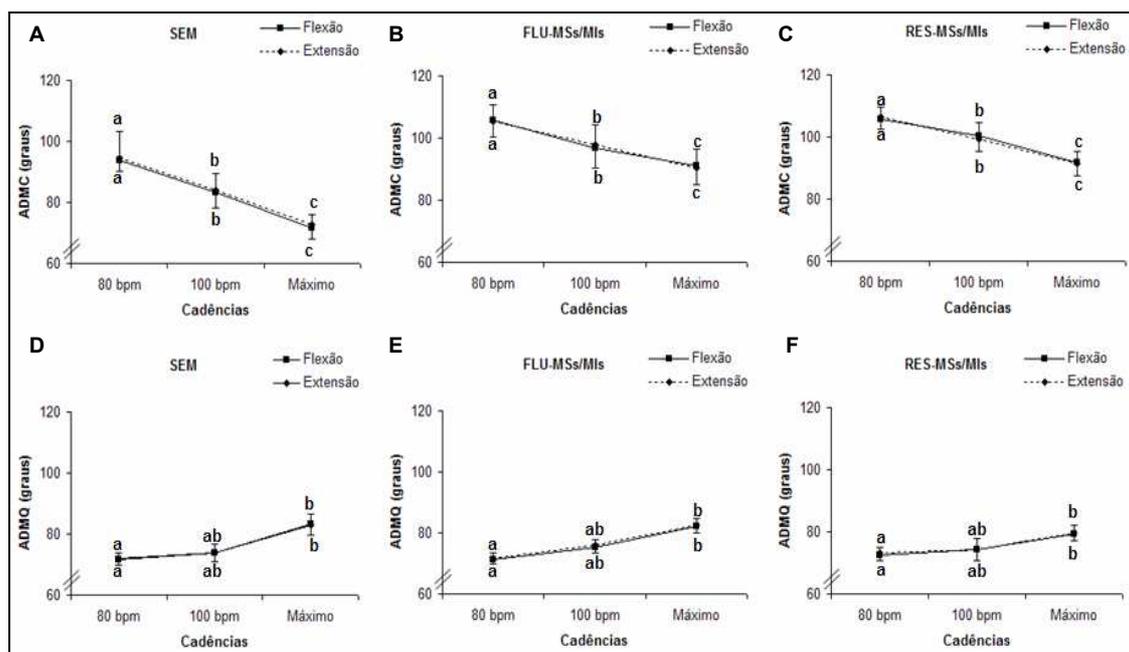


Figura 18 – (A) Comportamento da amplitude de movimento do cotovelo (ADMJ) nas situações SEM, (B) FLU-MSs/MIs, (C) RES-MSs/MIs, (D) amplitude de movimento do quadril (ADMQ) nas situações SEM, (E) FLU-MSs/MIs, (F) RES-MSs/MIs para as diferentes cadências executadas nas fases de flexão e extensão. Diferentes letras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências ($p < 0,05$).

Em relação à ADMJ, foi realizado um desdobramento da interação cadência*situação, visto que a mesma foi significativa, sendo assim testou-se novamente o resultado do fator principal cadência. Esse resultado pode ser observado na Tabela 11 e também na Figura 19. O resultado demonstrou que houve diferenças significativas entre todas as cadências, com valores de ADMJ sempre maiores com o aumento do ritmo de execução.

Tabela 11 – Desdobramento da interação cadência*situação, avaliando o fator cadência para a variável amplitude de movimento do joelho (ADMJ).

Variável	Fator	Situação	F	Sig.
ADMJ	Cadência	SEM	67,127	<0,001
		FLU-MSs/MIs	46,266	<0,001
		RES-MSs/MIs	62,475	<0,001

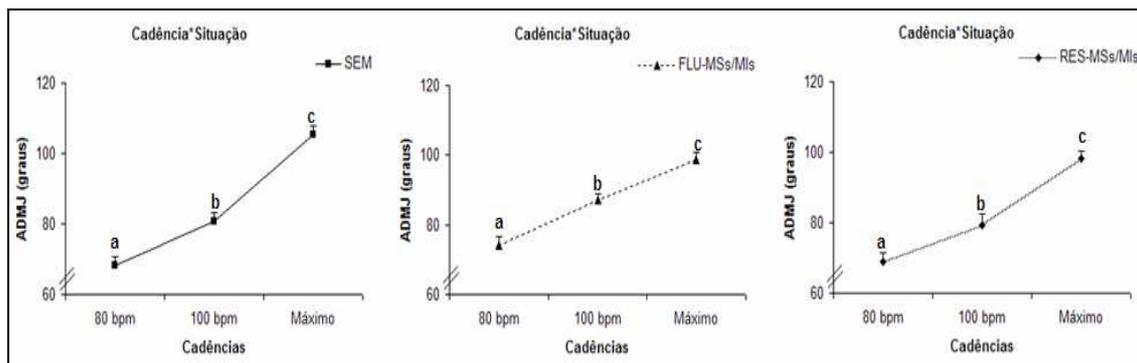


Figura 19 – Comportamento da interação cadência*situação para a amplitude de movimento do joelho (ADMJ) nas situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs para as cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço, com os valores médios totais. Diferentes letras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências ($p < 0,05$).

Para as variáveis VAMC e VAMQ também foi observada uma interação significativa entre os fatores cadência*fase, logo o fator principal cadência foi testado novamente através de um desdobramento dessa interação, e pode ser visualizado na Tabela 12 e na Figura 20. Esse desdobramento para as variáveis VAMC e VAMQ indicou que houve diferenças significativas entre todas as cadências, com valores maiores dessas variáveis conforme o aumento do ritmo de execução.

Tabela 12 – Desdobramento da interação cadência*fase, avaliando o fator cadência para a variável velocidade angular média do cotovelo (VAMC) e velocidade angular média do quadril (VAMQ).

Variável	Fator	Fase	F	Sig.
VAMC	Cadência	Flexão	39,753	<0,001
		Extensão	57,139	<0,001
VAMQ	Cadência	Flexão	212,119	<0,001
		Extensão	198,589	<0,001

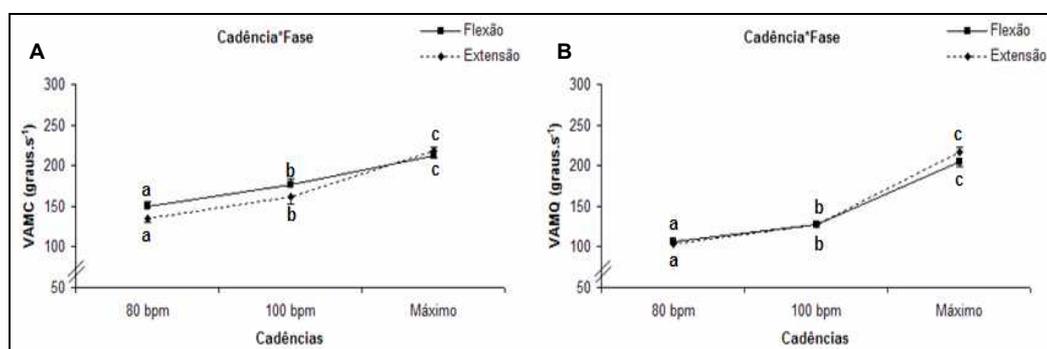


Figura 20 – (A) Comportamento da interação cadência*fase para a velocidade angular média do cotovelo (VAMC) e (B) velocidade angular média do quadril (VAMQ) nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço para as fases de flexão e extensão, com os valores médios totais. Diferentes letras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências ($p < 0,05$).

Para a VAMJ a interação que tendeu a ser significativa foi a entre os três fatores cadência*situação*fase, sendo assim, foi realizado um desdobramento dessa interação em que testou-se novamente o fator cadência. Esse desdobramento pode ser visualizado na Tabela 13 e na Figura 21. O resultado mostrou que houve diferenças significativas entre todas as cadências, com valores maiores de VAMJ conforme o aumento do ritmo de execução. Todavia, a única exceção para essa variável foi na fase de flexão para a situação SEM, em que as cadências de 80 e 100 bpm não diferiram significativamente, mas ambas foram diferentes do máximo esforço.

Tabela 13 – Desdobramento da interação cadência*situação*fase, avaliando o fator cadência para a variável velocidade angular média do joelho (VAMJ).

Variável	Fator	Fase	Situação	F	Sig.
VAMJ	Cadência	Flexão	SEM	111,608	<0,001
		Extensão	SEM	116,715	<0,001
		Flexão	FLU-MSs/MIs	125,141	<0,001
		Extensão	FLU-MSs/MIs	89,090	<0,001
		Flexão	RES-MSs/MIs	109,195	<0,001
		Extensão	RES-MSs/MIs	74,198	<0,001

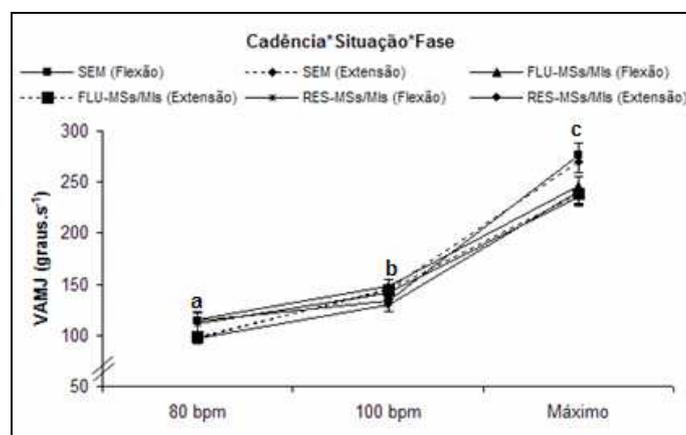


Figura 21 – Comportamento da interação cadência*situação*fase para a velocidade angular média do joelho (VAMJ) nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço para as situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs nas fases de flexão e extensão. Diferentes letras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências ($p < 0,05$).

Fator situação:

A diferença entre as situações para ADMC foi observada entre as situações FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs em comparação a SEM, com valores maiores de amplitude de movimento para as situações com equipamento. Para a ADMQ não foi observada nenhuma diferença significativa entre as situações. O comportamento da ADMC e ADMQ pode ser visualizado na Figura 22.

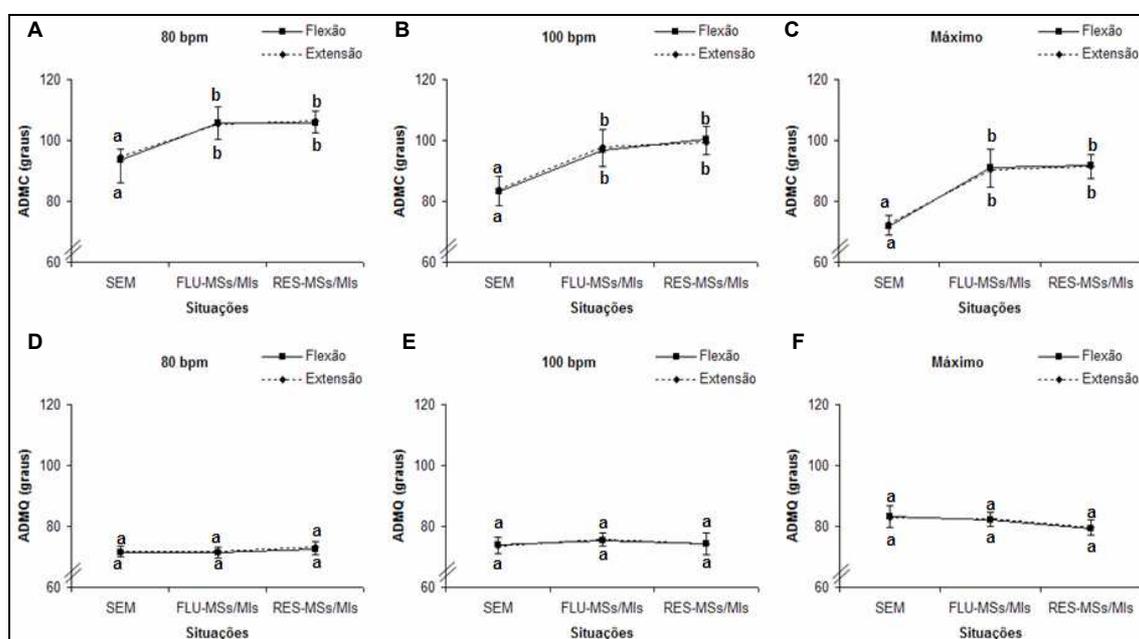


Figura 22 – (A) Comportamento da amplitude de movimento do cotovelo (ADMC) nas cadências de 80 bpm, (B) 100 bpm, (C) máximo esforço, (D) amplitude de movimento do quadril (ADMQ) nas de cadências 80 bpm, (E) 100 bpm e (F) máximo esforço para as diferentes situações executadas nas fases de flexão e extensão. Diferentes letras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as situações ($p < 0,05$).

Visto que a interação envolvendo o fator situação (cadência*situação) foi significativa para a variável ADMJ, testou-se novamente esse fator principal através de um desdobramento (Tabela 14). Os resultados desse desdobramento indicaram que na cadência de 80 bpm houve diferença significativa entre as situações SEM e FLU-MSs/MIs, com valores maiores de ADMJ para FLU-MSs/MIs. Contudo, na cadência de 100 bpm houve diferenças entre as situações SEM e FLU-MSs/MIs, e, FLU-MSs/MIs e

RES-MSs-MIs, também com valores significativamente maiores para a situação FLU-MSs/MIs. No máximo esforço houve diferença entre as situações SEM em comparação a FLU-MSs-MIs e RES-MSs/MIs, todavia com maiores valores de ADMJ para a situação SEM. Esse resultado pode ser visualizado na Figura 23.

Tabela 14 – Desdobramento da interação cadência*situação, avaliando o fator situação para a variável amplitude de movimento do joelho (ADMJ).

Variável	Fator	Cadência	F	Sig.
ADMJ	Situação	80 bpm	6,059	0,004
		100 bpm	6,708	0,003
		Máximo	8,557	0,001

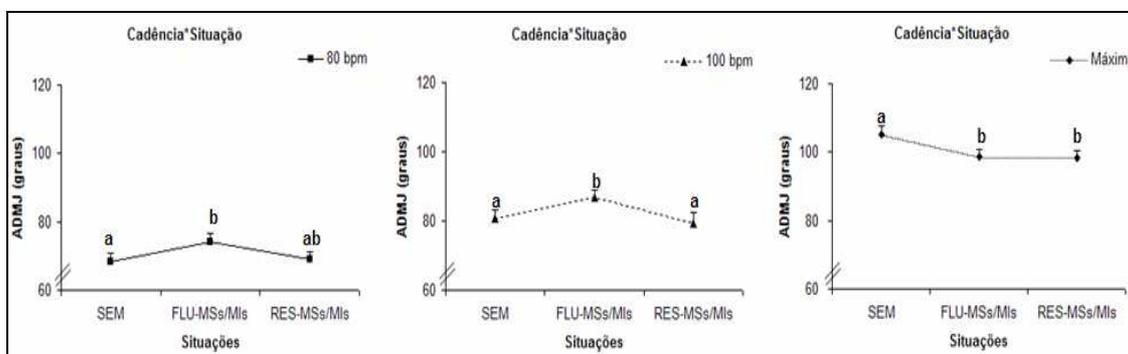


Figura 23 – Comportamento da interação cadência*situação para a amplitude de movimento do joelho (ADMJ) nas situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs para as cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço, com os valores médios totais. Diferentes letras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as situações ($p < 0,05$).

Para a VAMC foi observada diferença significativa apenas entre as situações RES-MSs/MIs e SEM. Na VAMQ observou-se diferença entre as situações FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs em comparação a SEM, com valores maiores de velocidade angular média para a situação SEM. O comportamento da VAMC e VAMQ nas diferentes situações pode ser observado na Figura 24.

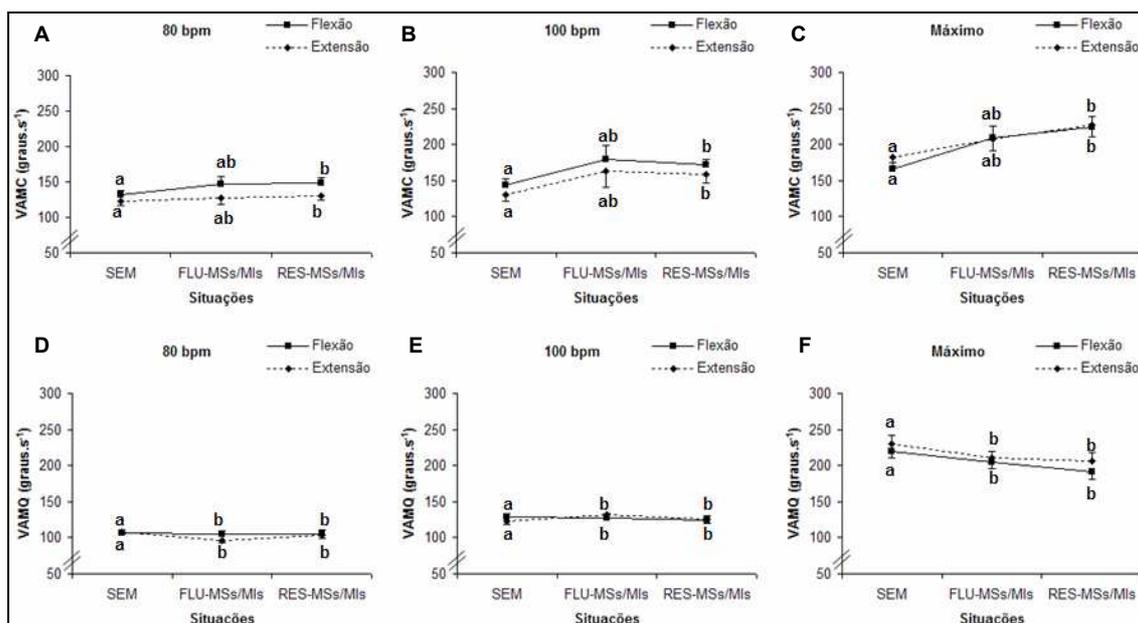


Figura 24 – (A) Comportamento da velocidade angular média do cotovelo (VAMC) nas cadências de 80 bpm, (B) 100 bpm, (C) máximo esforço, (D) velocidade angular média do quadril (VAMQ) nas cadências de 80 bpm, (E) 100 bpm e (F) máximo esforço para as diferentes situações executadas nas fases de flexão e extensão. Diferentes letras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as situações ($p < 0,05$).

Para a VAMJ realizou-se um desdobramento em que foi testado novamente o fator principal situação (Tabela 15), e o resultado desse desdobramento indicou que houve diferença significativa entre as situações na fase de extensão para a cadência de 100 bpm, entre FLU-MSs/MIs e RES-MSs-MIs, com valores maiores de VAMJ para a situação FLU-MSs/MIs. Na fase de flexão no máximo esforço, houve diferença significativa apenas entre a situação SEM e RES-MSs-MIs, com valores maiores de VAMJ para a situação SEM. O comportamento da VAMJ nas diferentes situações pode ser observado na Figura 25.

Tabela 15 – Desdobramento da interação cadência*situação*fase, avaliando o fator situação para a variável velocidade angular média do joelho (VAMJ).

Variável	Fator	Fase	Cadência	F	Sig.
VAMJ	Situação	Flexão	80 bpm	0,648	0,532
		Extensão	80 bpm	0,178	0,838
		Flexão	100 bpm	2,543	0,100
		Extensão	100 bpm	4,391	0,024
		Flexão	Máximo	9,279	0,001
		Extensão	Máximo	6,773	0,005

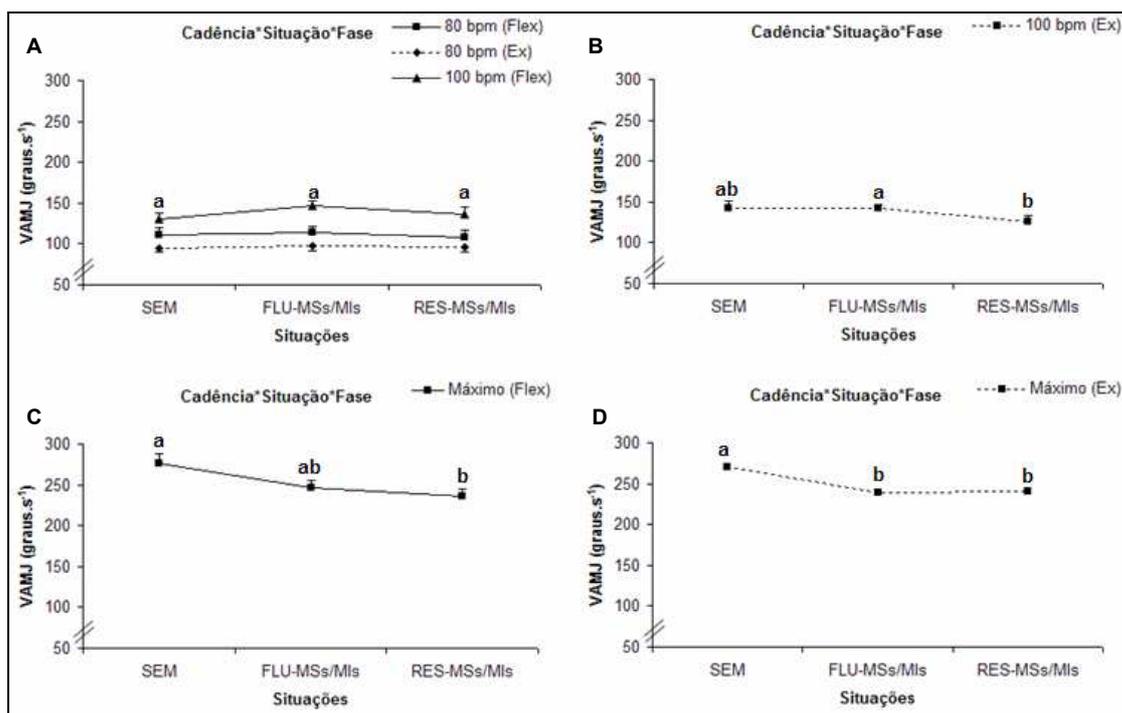


Figura 25 – Comportamento da interação cadência*situação*fase para a velocidade angular média do joelho (VAMJ) nas situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs para as cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço nas fases de flexão e extensão. Diferentes letras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as situações ($p < 0,05$).

Fator fase:

Para a ADMC, ADMQ e ADMJ não foi observada diferença entre as fases de movimento. Contudo, para a VAMC e VAMQ o fator principal fase foi testado novamente através de um desdobramento (Tabela 16). Na VAMC houve diferença entre as fases de movimento nas cadências de 80 e 100 bpm, com valores maiores dessa variável para a fase de flexão em comparação à extensão. Entretanto, para a VAMQ, houve diferença significativa entre as fases de movimento apenas no máximo esforço, com valores maiores dessa variável para a fase de extensão em comparação a flexão. O comportamento da VAMC e VAMQ nas diferentes fases de movimento pode ser observado na Figura 26.

Tabela 16 – Desdobramento da interação cadência*fase, avaliando o fator fase para a variável velocidade angular média do cotovelo (VAMC) e velocidade angular média do quadril (VAMQ).

Variável	Fator	Cadência	T	Sig.
VAMC	Fase	80 bpm	5,207	<0,001
		100 bpm	3,129	0,003
		Máximo	-0,365	0,717
VAMQ	Fase	80 bpm	0,728	0,470
		100 bpm	-0,446	0,658
		Máximo	-2,950	0,005

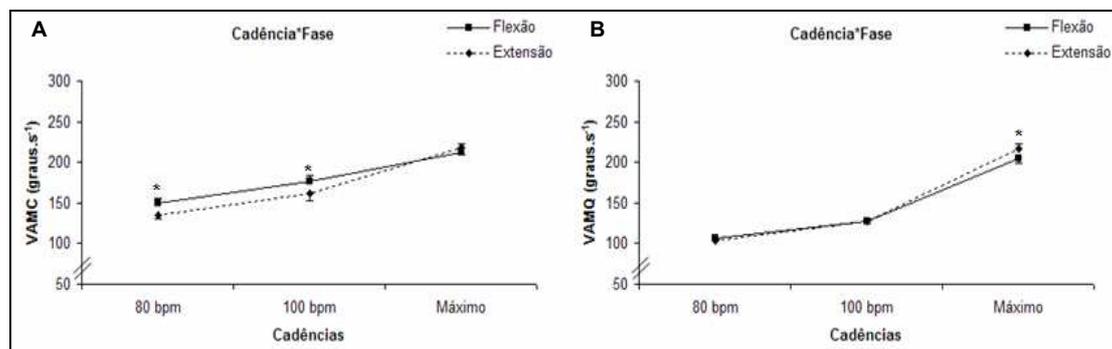


Figura 26 – (A) Comportamento da interação cadência*fase para a velocidade angular média do cotovelo (VAMC) e (B) velocidade angular média do quadril (VAMQ) nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço para as fases de flexão e extensão, com os valores médios totais. * Indica diferença estatisticamente significativa entre as fases ($p < 0,05$).

Para a VAMJ o fator fase também foi testado novamente através do desdobramento (Tabela 17). Logo, observou-se que, na cadência de 80 bpm para as situações SEM e FLU-MSs/MIs, houve diferença significativa entre as fases, com valores maiores de VAMJ para a fase de flexão em comparação à extensão. O mesmo ocorreu na cadência de 100 bpm para a situação RES-MSs-MIs. Esses resultados podem ser observados na Figura 27.

Tabela 17 – Desdobramento da interação cadência*situação*fase, avaliando o fator fase para a variável velocidade angular média do joelho (VAMJ).

Variável	Fator	Cadência	Situação	T	Sig.
VAMJ	Fase	80 bpm	SEM	2,670	0,018
			FLU-MSs/MIs	4,135	0,001
			RES-MSs/MIs	1,586	0,137
		100 bpm	SEM	1,790	0,099
			FLU-MSs/MIs	0,900	0,386
			RES-MSs/MIs	2,482	0,029
		Máximo	SEM	1,062	0,307
			FLU-MSs/MIs	1,293	0,219
			RES-MSs/MIs	-0,731	0,480

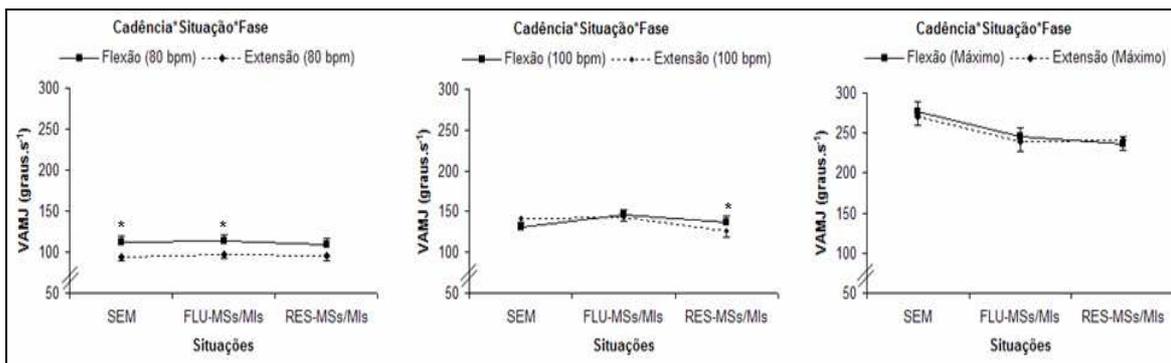


Figura 27 – Comportamento da interação cadência*situação*fase para a velocidade angular média do joelho (VAMJ) nas situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs para as cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço nas fases de flexão e extensão. * Indica diferença estatisticamente significativa entre as fases ($p < 0,05$).

4.3.2.1. Discussão das respostas cinemáticas em exercício

Amplitude de movimento:

Os resultados do presente estudo, para a variável amplitude de movimento, demonstraram que para o cotovelo, com o aumento da cadência houve uma diminuição da ADMC, com diferenças significativas entre todas as cadências. Esse resultado para essa articulação já era esperado, visto que o aumento da velocidade de execução aumentava efetivamente a sobrecarga no movimento de flexão e extensão do cotovelo, o qual apresenta poucos grupos musculares envolvidos em comparação às articulações do quadril e joelho. Logo, os sujeitos diminuíram a amplitude de movimento na tentativa de manter o movimento dentro do ritmo de execução imposto pelo metrônomo. Em relação às diferenças encontradas entre as situações de exercício para essa articulação, acredita-se que foi por uma questão metodológica de posicionamento dos marcadores refletivos para posterior reconstrução de movimento, pois os mesmos foram posicionados nos equipamentos nas situações FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs, contudo na situação SEM foi posicionado no processo estilóide radial do sujeito. Sendo assim, acredita-se que essa menor ADMC na situação SEM em comparação as outras foi

devido a essa diferença de posicionamento dos adesivos refletivos no membro superior analisado.

Contrapondo os resultados de ADMC para as diferentes cadências, a ADMQ apresentou maiores valores dessa variável conforme o aumento da cadência de execução, com diferenças significativas entre 80 bpm e o máximo esforço. Estudos que observaram a amplitude de movimento de quadril em exercícios no meio aquático em diferentes velocidades são poucos, sendo que esses analisaram a caminhada em piscina rasa e em piscina funda (Kaneda et al., 2008a, Kaneda et al., 2008b). Todavia, o resultado dessa variável durante a caminhada no meio aquático não pode ser vinculado com o mesmo obtido no presente estudo, pois o exercício e o tipo de deslocamento são diferentes.

Acredita-se que esse resultado possa ser explicado pelo fato de que os sujeitos foram solicitados a manterem seus quadris flexionados aproximadamente até 90° durante a execução do exercício, todavia com o aumento da velocidade esse controle de limite de amplitude passa a ser mais difícil. A ADMQ aumentou com o incremento da cadência, ao passo que a ADMC diminuía, e, isso possivelmente pode ser explicado pelo fato de que uma grande massa muscular estava envolvida no exercício de membros inferiores, sendo assim, a carga relativa para os músculos envolvidos na flexão e extensão do quadril foi menor do que ao mesmo movimento da articulação do cotovelo. Em exercícios de musculação essa diferença na carga relativa para diferentes exercícios executados em percentuais de 1 repetição máxima (1 RM) estão bem descritas na literatura, pois sabe-se que o número de repetições máximas em um determinado percentual de 1 RM difere entre muitos exercícios de musculação (Hoeger et al., 1990). Logo, os resultados de amplitude de movimento das articulações testadas no presente

estudo podem ser explicadas através dessa diferença de sobrecarga para os diferentes grupos musculares envolvidos no exercício.

Para a ADMJ com o incremento da cadência também ocorreu um aumento dessa variável, com diferenças significativas entre todas as cadências testadas. Acredita-se que esse resultado também possa ser explicado pela dificuldade de controlar o joelho em 90° com o aumento do ritmo de movimento. Além disso, o movimento de flexão e extensão do joelho passa a ser mais importante com o aumento da resistência no meio aquático, visto que em baixas velocidades o exercício tende a ser mais assistido pelo efeito da flutuação, logo a flexão do joelho na corrida estacionária em um ritmo lento é consequência da flexão do quadril, ao passo que com o incremento do ritmo o movimento dessa articulação colabora efetivamente contra o aumento da resistência. A diferença entre as situações SEM e RES-MSs/MIs em comparação a FLU-MSs/MIs, com maiores valores de ADMJ para a última, em parte pode ser explicada pelo efeito da flutuação na fase de flexão, fazendo com que os sujeitos flexionem mais o joelho. Todavia, é importante salientar que para as três articulações não foi observada diferença significativa na amplitude de movimento entre as fases de movimento.

Logo, o principal resultado da amplitude de movimento foi que a cadência de execução influenciou de uma maneira diferente as articulações envolvidas no exercício. Sendo que a ADMC apresentou um padrão distinto da ADMQ e ADMJ possivelmente por envolver um grupo muscular menor durante o movimento de flexão e extensão.

Velocidade angular média:

Em relação à variável de velocidade angular média do cotovelo, quadril e joelho houve um aumento da mesma com o incremento da cadência de execução, para as três

situações analisadas (SEM, FLU-MSs/MIs, RES-MSs/MIs). Esses resultados estão de acordo com o estudo de Alberton (2007) e Black (2005), que também encontraram um aumento da VAMQ com o acréscimo da cadência.

Em relação às diferentes situações, o presente estudo demonstrou que para a VAMC houve diferença entre a situação SEM e RES-MSs/MIs, e, para a VAMQ houve diferença entre as duas situações com equipamento em comparação a SEM. Os maiores valores de VAMQ foram para a situação SEM em comparação a FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs. Contudo, para a VAMC foi o contrário, entretanto, sabe-se que esse resultado depende da ADMC, e, como explicado anteriormente essa variável foi diferente entre as situações pelo posicionamento dos adesivos refletivos, os quais foram posicionados nos equipamentos nas situações FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs, e, no processo estilóide radial na situação SEM, por isso acredita-se que esse resultado foi influenciado por essa questão metodológica. O desdobramento da interação tripla para a variável VAMJ demonstrou que na cadência de 100 bpm existe diferença apenas entre a situação FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs, com maiores valores dessa variável com o equipamento flutuante. Todavia, a VAMJ no máximo esforço, na fase de flexão, diferiu entre SEM e RES-MSs/MIs, e, na fase de extensão, diferiu de FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs em comparação a SEM, com valores maiores de velocidade para situação SEM. Os resultados da VAMQ e VAMJ estão de acordo com outros estudos que verificaram a velocidade angular de um determinado movimento com e sem o uso de equipamento resistivo, encontrando também uma diminuição da velocidade com o aumento da área projetada (Pöyhönen et al., 2001a; Pöyhönen et al., 2002; Black, 2005).

No estudo de Pöyhönen et al. (2001a) foi verificado que sem o uso de equipamento a velocidade angular média de flexão do joelho foi de $364 \pm 4 \text{ graus.s}^{-1}$, e, com equipamento resistivo de grande área projetada essa velocidade diminuiu para 168

± 6 graus. s^{-1} . Dessa forma, pode-se afirmar que já está bem descrito na literatura essa diminuição de velocidade angular média quando o exercício é executado em máxima velocidade com equipamento, pois com o aumento da área projetada o sujeito realiza o exercício em uma velocidade máxima menor do que sem equipamento (Kruel et al., 2005). Black (2005) ressalta em seus resultados que em cadências submáximas isso também pode ocorrer, pois segundo a autora na fase de flexão os indivíduos mantiveram o ritmo de execução estabelecido pelo metrônomo, mas durante a fase de extensão o mesmo não ocorreu. Isso provavelmente acontece pelo fato de que na fase de flexão o movimento é assistido pela força de empuxo, ao passo que na extensão o segmento tem que vencer a resistência da água contra essa força. É importante salientar que, no presente estudo, quando foi realizada a análise do fator principal situação, os demais fatores foram somados, verificando-se assim apenas a influência do uso ou não de equipamento na velocidade angular média.

Em relação à velocidade angular média entre as fases de movimento, os resultados do presente estudo demonstraram que para a VAMC nas cadências de 80 e 100 bpm, a fase de flexão apresentou maior VAMC em comparação a extensão. O mesmo ocorreu para a VAMJ nas situações SEM e FLU-MSs/MIs na cadência de 80 bpm, e, para a situação RES-MSs/MIs na cadência de 100bpm. Esse resultado também parece ser explicado pela facilitação do movimento a favor da força de empuxo como explicado no parágrafo anterior. Todavia, para a VAMQ, no máximo esforço, a fase de extensão apresentou uma maior velocidade em comparação à flexão, e isso possivelmente pode ser explicado pelo fato de que o movimento de extensão foi realizado com mais força pelos sujeitos para vencer a resistência ao avanço nesse sentido de movimento.

Dessa forma, pode-se concluir que de uma maneira geral o acréscimo da cadência aumentou a velocidade média angular, o uso de equipamento, principalmente o resistivo, parece diminuir essa mesma variável em comparação à situação SEM e a velocidade angular média da fase de flexão em alguns casos foi maior do que na extensão, devido ao movimento estar assistido pelo empuxo.

4.3.3. Respostas neuromusculares em exercício

Primeiramente foi realizada análise do sinal EMG por repetição, a qual foi caracterizada pela flexão mais a extensão do quadril associada ao joelho e flexão mais a extensão do cotovelo. Sendo assim, as respostas neuromusculares durante o exercício executado nas cadências submáximas de 80, 100 bpm e no máximo esforço, nas situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs, são apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18 – Análise de variância dos efeitos principais cadência (Cad) e situação (Sit) e do fator de interação (Cad*Sit): médias e erro-padrão da média (EP) das variáveis percentual da contração isométrica voluntária máxima dos músculos bíceps braquial (%CVM BB), tríceps braquial (%CVM TB), reto femoral (%CVM RF) e bíceps femoral (%CVM BF) para as diferentes situações nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço.

Variáveis	Situações	80 bpm		100 bpm		Máximo		Cad Sig.	Sit Sig.	Cad*Sit Sig.
		Média	EP	Média	EP	Média	EP			
%CVM BB (%)	SEM	19,68 ^{Aa}	± 3,69	22,62 ^{Aa}	± 5,14	61,82 ^{Ba}	± 10,74	<0,001	0,098	0,946
	FLU-MSs/MIs	14,21 ^{Aa}	± 2,74	19,28 ^{Aa}	± 5,06	56,54 ^{Ba}	± 10,47			
	RES-MSs/MIs	19,85 ^{Aa}	± 3,92	21,75 ^{Aa}	± 4,72	60,81 ^{Ba}	± 9,45			
%CVM TB (%)	SEM	25,17 ^{Aa}	± 4,23	39,19 ^{ABa}	± 4,27	58,21 ^{Ba}	± 5,80	0,006	<0,001	0,179
	FLU-MSs/MIs	45,90 ^{Ab}	± 5,32	46,27 ^{ABb}	± 5,53	64,80 ^{Bb}	± 6,98			
	RES-MSs/MIs	30,61 ^{Aa}	± 4,31	34,11 ^{ABa}	± 4,28	52,14 ^{Ba}	± 9,20			
%CVM RF (%)	SEM	14,49 ^{Aa}	± 3,01	11,63 ^{Aa}	± 1,76	36,22 ^{Ba}	± 4,01	<0,001	0,405	0,515
	FLU-MSs/MIs	10,21 ^{Aa}	± 1,04	12,84 ^{Aa}	± 1,79	36,76 ^{Ba}	± 4,95			
	RES-MSs/MIs	14,19 ^{Aa}	± 2,84	12,14 ^{Aa}	± 1,61	37,30 ^{Ba}	± 1,85			
%CVM BF (%)	SEM	20,70 ^{Aa}	± 3,93	32,97 ^{Ba}	± 4,45	101,20 ^{Ca}	± 23,31	0,001	0,593	0,493
	FLU-MSs/MIs	19,49 ^{Aa}	± 3,26	31,29 ^{Ba}	± 3,77	92,38 ^{Ca}	± 13,99			
	RES-MSs/MIs	29,48 ^{Aa}	± 3,73	34,06 ^{Ba}	± 4,51	90,36 ^{Ca}	± 12,71			

Letras maiúsculas indicam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências.

Letras minúsculas indicam diferenças estatisticamente significativas entre as situações.

Esses resultados demonstram que o fator cadência exerceu influência significativa sobre todas as variáveis. Todavia, o fator situação não foi significativo para as variáveis analisadas, com exceção do %CVM TB. O teste complementar de

Bonferroni demonstrou diferenças significativas, para as variáveis de %CVM BB e %CVM RF, entre as cadências submáximas e o máximo esforço, com valores maiores dessas variáveis para o máximo esforço. Para o %CVM TB foi também encontrada diferença significativa entre a cadência submáxima de 80 bpm e o máximo esforço, todavia, a cadência de 100 bpm não diferiu tanto de 80 bpm, como também do máximo esforço. Além disso, apenas para essa variável, foi observada diferença significativa entre a situação FLU-MSs/MIs em comparação com as demais, com valores maiores de %CVM TB para tal situação. O resultado do %CVM BF demonstrou diferenças significativas entre todas as cadências analisadas, com aumento dessa variável conforme o aumento do ritmo de execução. O fator de interação entre cadência*situação não foi significativo para nenhuma das variáveis analisadas. Esses resultados podem ser observados de forma gráfica na Figura 28.

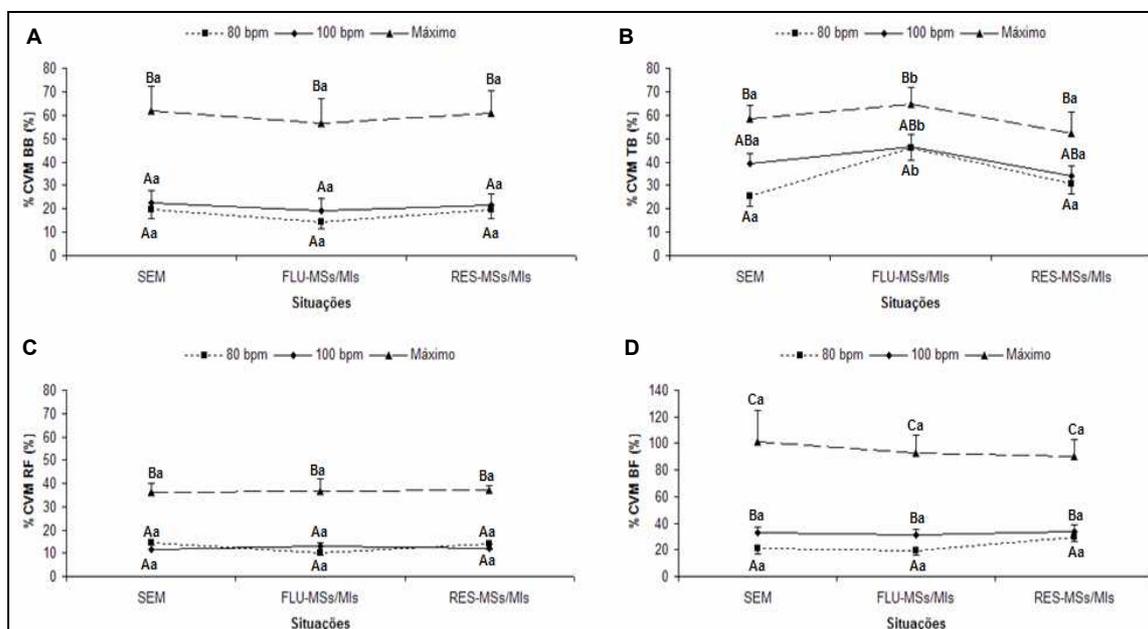


Figura 28 – (A) Comportamento do percentual da contração isométrica voluntária máxima dos músculos bíceps braquial (%CVM BB), (B) tríceps braquial (%CVM TB), (C) reto femoral (%CVM RF) e (D) bíceps femoral (%CVM BF) para as diferentes situações executadas nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço. Letras maiúsculas indicam diferenças estatisticamente significativas entre as cadências ($p < 0,05$). Letras minúsculas indicam diferenças estatisticamente significativas entre as situações ($p < 0,05$).

O sinal EMG também foi analisado por fase de movimento, ou seja, fase de flexão e extensão do quadril associada ao joelho e flexão e extensão do cotovelo separadamente. As respostas neuromusculares durante o exercício executado nas cadências submáximas de 80, 100 bpm e no máximo esforço, nas situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs para as fases de flexão e extensão são apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19 – Análise descritiva dos resultados: médias e erros-padrão da média (EP) das variáveis das variáveis percentual da contração isométrica voluntária máxima dos músculos bíceps braquial (%CVM BB), tríceps braquial (%CVM TB), reto femoral (%CVM RF) e bíceps femoral (%CVM BF) para as fases de flexão e extensão nas diferentes situações executadas nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço.

Variáveis	Fase	Situação	80 bpm		100 bpm		Máximo	
			Média	EP	Média	EP	Média	EP
%CVM BB (%)	Flexão	SEM	20,24	± 4,06	12,88	± 2,05	57,57	± 12,62
		FLU-MSs/MIs	8,41	± 1,45	12,81	± 3,50	53,23	± 11,52
		RES-MSs/MIs	12,15	± 2,31	10,37	± 2,23	49,31	± 10,94
	Extensão	SEM	16,50	± 4,25	23,66	± 6,99	47,86	± 12,08
		FLU-MSs/MIs	16,69	± 4,02	15,75	± 3,21	47,77	± 12,98
		RES-MSs/MIs	21,57	± 5,55	25,06	± 6,62	52,38	± 9,21
%CVM TB (%)	Flexão	SEM	12,39	± 4,26	38,35	± 2,70	61,31	± 10,17
		FLU-MSs/MIs	43,36	± 8,37	48,28	± 7,94	62,00	± 11,41
		RES-MSs/MIs	19,79	± 6,12	37,26	± 6,82	43,09	± 14,86
	Extensão	SEM	19,27	± 1,19	23,81	± 8,50	49,13	± 8,54
		FLU-MSs/MIs	30,26	± 2,76	27,36	± 6,61	62,77	± 9,55
		RES-MSs/MIs	23,78	± 2,38	15,06	± 2,36	41,62	± 11,35
%CVM RF (%)	Flexão	SEM	10,51	± 2,10	10,80	± 1,70	35,72	± 5,52
		FLU-MSs/MIs	9,96	± 2,92	11,75	± 2,55	41,56	± 4,80
		RES-MSs/MIs	9,77	± 1,31	13,19	± 3,34	40,24	± 5,14
	Extensão	SEM	18,54	± 4,28	13,91	± 2,38	39,26	± 4,79
		FLU-MSs/MIs	10,90	± 0,99	14,08	± 1,80	37,78	± 6,75
		RES-MSs/MIs	18,38	± 4,26	13,50	± 2,09	39,24	± 4,06
%CVM BF (%)	Flexão	SEM	14,26	± 2,41	32,83	± 4,05	78,57	± 16,79
		FLU-MSs/MIs	16,60	± 3,19	29,79	± 3,62	83,62	± 14,98
		RES-MSs/MIs	27,64	± 3,79	27,25	± 6,02	77,01	± 13,25
	Extensão	SEM	20,46	± 4,48	27,13	± 2,98	57,72	± 9,48
		FLU-MSs/MIs	19,30	± 4,04	23,64	± 2,99	75,63	± 13,81
		RES-MSs/MIs	33,53	± 5,12	32,02	± 4,10	86,74	± 18,75

Os resultados dos fatores principais cadência, situação e fase, além das interações entre esses fatores são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Análise de variância dos fatores principais cadência (Cad), situação (Sit) e fase e dos fatores de interação para as variáveis percentual da contração isométrica voluntária máxima (%CVM) dos músculos bíceps braquial (BB), tríceps braquial (TB), reto femoral (RF) e bíceps femoral (BF).

Variáveis	Cadência	Situação	Fase	Cad*Sit	Cad*Fase	Sit*Fase	Cad*Sit* Fase
%CVM BB	0,001	0,131	0,400	0,942	0,299	0,183	0,589
%CVM TB	0,012	0,002	0,105	0,154	0,091	0,557	0,291
%CVM RF	<0,001	0,574	0,036	0,535	0,278	0,192	0,667
%CVM BF	0,004	0,020	0,614	0,300	0,169	0,022	0,203

Os resultados demonstraram que o fator cadência exerceu influência significativa sobre todas as variáveis. Contudo, o fator situação apenas foi significativo para a variável %CVM TB e %CVM BF. Da mesma forma, o fator fase foi somente significativo para o %CVM RF. Por fim, apenas a interação entre os fatores situação*fase foi significativa para o %CVM BF.

Fator cadência:

Os resultados do fator cadência apresentaram o mesmo padrão observado na análise do sinal EMG por repetição.

Fator situação:

Em relação às situações o resultado também foi semelhante ao da análise do sinal EMG por repetição, no qual não foi encontrada diferença significativa entre as três situações para o %CVM BB e %CVM RF. O %CVM TB apresentou diferenças significativas entre FLU-MSs/MIs e as demais situações. Para o %CVM BF testou-se novamente o fator principal situação visto que a interação situação*fase foi significativa (Tabela 21). O resultado desse desdobramento indicou que para o %CVM BF, houve diferença significativa entre todas as situações apenas para a fase de extensão, com

valores maiores dessa variável para a situação RES-MSs/MIs . Esses resultados podem ser visualizados de forma gráfica na Figuras 29.

Tabela 21 – Desdobramento da interação situação*fase, avaliando o fator situação para a variável percentual da contração isométrica voluntária máxima do bíceps femoral (%CVM BF).

Variável	Fator	Fase	F	Sig.
%CVM BF	Situação	Flexão	0,443	0,565
		Extensão	4,292	0,026

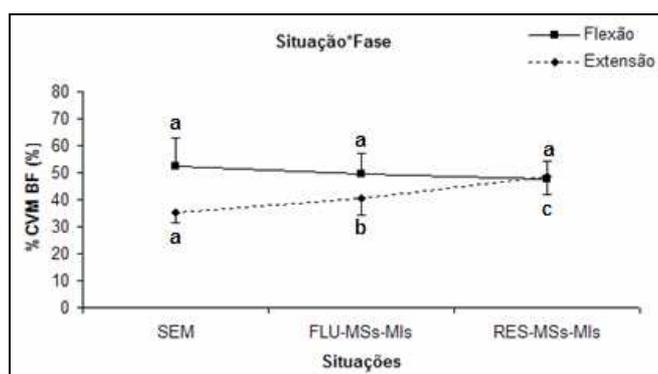


Figura 29 – Comportamento da interação situação*fase para o percentual da contração isométrica voluntária máxima do músculo bíceps femoral (%CVM BF) nas fases de flexão e extensão para as situações SEM, FLU-MSs/MIs e RES-MSs/MIs, com os valores médios totais. Diferentes letras indicam diferenças estatisticamente significativas entre as situações ($p < 0,05$).

Fator fase:

Para o %CVM BB e %CVM TB não foi observada diferença significativa entre as fases de movimento. Todavia, para o %CVM RF foi observada diferença significativa entre as fases, com valores maiores dessa variável na fase de extensão em comparação a flexão (Figura 30).

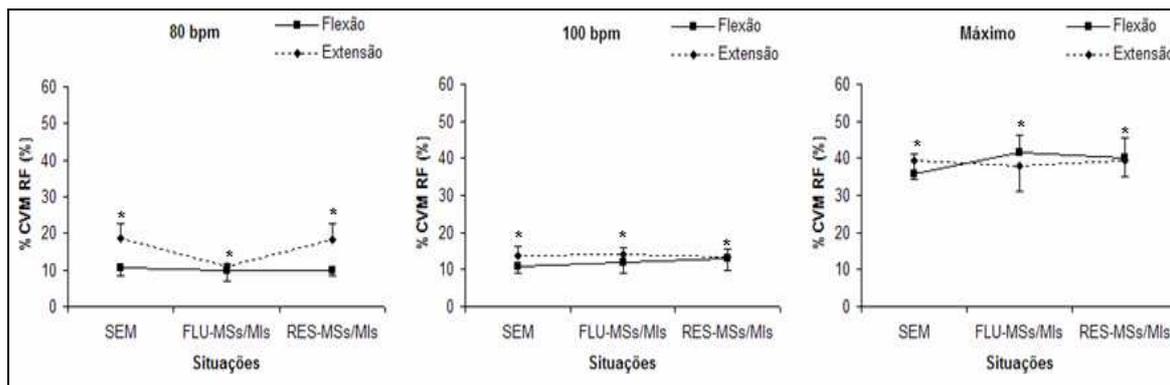


Figura 30 – Comportamento do percentual da contração isométrica voluntária máxima do músculo reto fêmoral (%CVM RF) para as diferentes situações executadas nas cadências de 80 bpm, 100 bpm e máximo esforço nas fases de flexão e extensão. * Indica diferença estatisticamente significativa entre as fases ($p < 0,05$).

O fator fase para o %CVM BF foi testado novamente através de um desdobramento, e demonstrou não haver diferença significativa entre as fases de movimento. Esse resultado pode ser observado na Tabela 22.

Tabela 22 – Desdobramento da interação situação*fase, avaliando o fator fase para a variável percentual da contração isométrica voluntária máxima do bíceps femoral (%CVM BF).

Variável	Fator	Situação	T	Sig.
%CVM BF	Fase	SEM	1,373	0,179
		FLU-MSs/MIs	1,657	0,107
		RES-MSs/MIs	-0,415	0,681

4.3.3.1. Discussão das respostas neuromusculares em exercício

Conforme os resultados da análise do sinal EMG foi possível observar que com o incremento da cadência submáxima para o máximo esforço ocorreu um aumento significativo do %CVM dos músculos analisados. Para o %CVM BB e %CVM RF as cadências submáximas não diferiram entre si, mas foram diferentes do máximo esforço. Para o %CVM TB apenas a cadência de 80 bpm foi diferente do máximo esforço, todavia o %CVM BF apresentou diferenças significativas entre todas as cadências testadas. Esse resultado do %CVM BF vai de encontro com o mesmo da ADMJ, a qual aumentou significativamente com o incremento da cadência, logo esses resultados do

sinal EMG e de amplitude de movimento podem estar vinculados. Além disso, outros autores demonstraram em seus estudos esse aumento da atividade muscular com o incremento da cadência submáxima para o máximo esforço (Alberton, 2007; Black, 2005). Alberton (2007) analisou o mesmo exercício de membros inferiores do presente estudo, a corrida estacionária, executado nas cadências submáximas de 60, 80, 100 bpm e máximo esforço. Seus resultados, para o %CVM RF, mostraram que entre as cadências submáximas não houve diferenças, mas as mesmas diferiram do máximo esforço, logo esse resultado corrobora com o do presente estudo. Dessa forma, assim como no estudo de Alberton (2007), que também analisou a velocidade angular média de movimento, pode-se afirmar que o aumento significativo das velocidades angulares não foram suficientes para aumentar o sinal EMG dos músculos BB, TB e RF entre as cadências submáximas analisadas.

Outra possível explicação para não ter ocorrido diferença entre as cadências submáximas no presente estudo, é o fato de que a intensidade do exercício nesses ritmos foi baixa, variando de 42,76 a 54,33% do $VO_{2máx}$, e, de 10, 21 a 46,27% da CVM. Segundo Tesch et al. (1998), as fibras do tipo IIB são recrutadas em exercícios com níveis de esforço superior ou igual a 60% do máximo. Sendo assim, é possível que durante o exercício nas cadências submáximas não tenha sido solicitado o recrutamento de mais unidades motoras, o que resultaria em um aumento significativo do sinal EMG.

Em contrapartida, quando se comparou o sinal EMG entre as cadências submáximas e o máximo esforço, houve diferenças significativas, com uma maior atividade muscular para a velocidade máxima de execução do exercício. Esses resultados estão de acordo com os estudos de Figueiredo (2004), Black (2005), Müller et al. (2005) e Alberton (2007), e, são explicados pelo fato de que o aumento da velocidade de execução aumenta efetivamente a resistência no meio aquático, visto que

a mesma é elevada ao quadrado na equação dos fluidos e diretamente proporcional a resistência ao avanço ($R = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \cdot Cd$) (Pöyhönen et al., 2000). Ainda cabe salientar que, no máximo esforço (15 s), a intensidade do exercício variou entre 36,22 a 101,20% da CVM, logo, as fibras de maior limiar possivelmente foram recrutadas aumentando significativamente o sinal EMG dos músculos analisados no presente estudo (Tesch et al., 1998).

Contrapondo os resultados das respostas cardiorrespiratórias, o %CVM BB e o % CVM RF, não apresentaram diferenças entre nenhuma das situações (SEM, FLU-MSs/MIs, RES-MSs/MIs). Esses resultados estão de acordo com os estudos de Pöyhönen et al. (2001a) e Black (2005), que também verificaram não haver diferenças entre a situação de executar o exercício com ou sem equipamento resistivo na velocidade máxima de execução. Todavia, o estudo de Black (2005), também analisou essas duas condições de uso ou não de equipamento em cadências submáximas, e, encontrou um aumento significativo do sinal EMG do RF com o uso de equipamento resistivo nas cadências de 40 e 80 bpm. Contudo, o exercício analisado nesse estudo, assim como o equipamento utilizado, foram totalmente diferentes do testado no presente estudo, pois o exercício de Black (2005) apresentava uma grande área projetada de membros inferiores (flexão e extensão de quadril com joelho estendido) e o equipamento utilizado foi o *Aquafins*, o qual incrementa significativamente a resistência no meio aquático, logo, a velocidade máxima de movimento com esse equipamento deve ser menor do que sem equipamento, por isso explica-se essa ausência de diferença para o sinal EMG nessa condição.

Para o %CVM TB foi observada uma diferença significativa entre as situações, com maiores respostas dessa variável na situação FLU-MSs/MIs. Esse resultado é explicado pelo fato de que o equipamento flutuante promove maior resistência do que as

outras situações no movimento de extensão do cotovelo, ocasionando assim uma maior atividade do músculo TB. Além disso, para o %CVM BF, apenas na fase de extensão foi observada uma diferença significativa entre todas as situações testadas, com maiores valores dessa variável para a execução do movimento de extensão do quadril com o equipamento resistivo. Assim, pode-se inferir que a resistência ao movimento, para esse músculo, foi maior nessa situação em comparação ao uso ou não de caneleira flutuante.

Por fim, na análise por fase de flexão e extensão do movimento, os resultados do presente estudo demonstraram não haver diferenças significativas entre as fases de movimento para todos os músculos analisados, com exceção do %CVM RF. Esse resultado provavelmente pode ser explicado por ter ocorrido uma atividade precoce da musculatura antagonista durante a execução do exercício. O estudo de Alberton et al. (2006) demonstrou que no máximo esforço, com equipamento resistivo, os músculos RF e BF no movimento de flexão e extensão do quadril produziram percentuais da CVM durante a ativação antagonista semelhantes à mesma durante a ativação agonista. Esse mesmo comportamento foi demonstrado pelo estudo de Pöyhönen et al. (2001a) que analisou o movimento de flexão e extensão de joelho na velocidade máxima com equipamento resistivo de grande área frontal, encontrando uma rápida diminuição da ativação concêntrica do agonista, com um coincidente aumento da atividade do antagonista. Além disso, em outro estudo de Pöyhönen et al. (2001b), foi observado que durante uma simples repetição de flexão e depois de extensão do joelho, a atividade da musculatura agonista é predominante, com uma leve ativação do antagonista no intuito de frear o movimento. Ao passo que ao analisarem repetições múltiplas de flexão e extensão de joelho, esse padrão foi distinto, apresentando uma redução da atividade agonista, com conseqüente aumento da mesma antagonista.

Dessa forma, parece que o tipo de exercício, as situações e as cadências analisadas no presente estudo contribuíram para esse resultado do sinal EMG durante as fases de flexão e extensão de movimento.

5 CONCLUSÕES E APLICAÇÕES PRÁTICAS

5.1. CONCLUSÕES

A partir dos resultados do presente estudo foi possível concluir que as respostas cardiorrespiratórias, durante o exercício de corrida estacionária com a flexão e extensão de cotovelo, foram aumentadas com o uso de equipamentos apropriados para o meio aquático. Além disso, o aumento da cadência de execução também incrementou essas mesmas respostas.

Com bases nas respostas cinemáticas, conclui-se que a amplitude de movimento com o incremento da velocidade mostrou resultados antagônicos para as diferentes articulações analisadas, sendo que a amplitude de movimento do cotovelo diminuiu com o aumento da cadência e as demais aumentaram com o incremento da mesma. Em relação a velocidade angular média, essa demonstrou diferenças principais entre a situação de executar o exercício com equipamento em comparação a situação sem equipamento, e o aumento da cadência de execução incrementou essa variável significativamente. Para as fases de movimento, em algumas condições a fase de flexão apresentou maiores velocidades angulares do que a extensão.

As respostas neuromusculares na sua maioria não diferiram entre as situações, contudo apresentaram um padrão distinto entre as cadências submáximas e o máximo esforço. Em relação as fases de movimento, não encontrou-se diferenças significativas, sugerindo a ativação precoce antagonista durante a execução desse exercício de hidrogenástica.

Em suma, a execução do exercício de corrida estacionária com a flexão e extensão de cotovelo apresentou maiores respostas cardiorespiratórias, tanto com o uso de equipamentos quanto com o incremento do ritmo de execução, todavia essa mudança na cadência submáxima de execução pareceu não ser suficiente para aumentar as respostas neuromusculares, mesmo existindo um aumento significativo da velocidade angular de movimento. Contudo, durante a execução do exercício no máximo esforço essas respostas neuromusculares aumentaram efetivamente, devido a maior resistência ao movimento.

5.2. APLICAÇÕES PRÁTICAS

Durante as aulas de hidroginástica, os equipamentos apropriados para o meio aquático podem ser utilizados para obtenção de um maior gasto energético durante a atividade. Todavia, é importante assegurar-se que o aluno não irá diminuir significativamente a amplitude de movimento e velocidade do mesmo com o uso desses implementos. Caso o objetivo dessa atividade seja aumentar a atividade muscular, o mais adequado é realizar os exercícios em velocidade máxima (máximo esforço), independente do uso ou não de equipamentos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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.
2. 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. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 6(Supl.1):71, 2006.
3. 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. **International Journal of Aquatic Research and Education.** 1(4):363-372, 2007.
4. ALBERTON, C.L. **Respostas cardiorrespiratórias e neuromusculares da corrida estacionária em diferentes cadências nos meios aquático e terrestre.** Porto Alegre, 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
5. 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, 2008a.
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, 2008b.
7. ALBERTON, C.L.; TATARUGA, M.P.; PINTO, S.S.; CADORE, E.L.; SILVA, E.M.; KRUEL, L.F.M. Cardiorespiratory responses to stationary running at different cadences in water and on land. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 49(2):142-151, 2009a.
8. ALBERTON, C.L.; ANTUNES, A.H.; PINTO, S.S.; TARTARUGA, M.P.; SILVA, E.M.; CADORE, E.L.; KRUEL, L.F.M. Correlation between rating of perceived exertion and physiological variables during the execution of stationary running in water at different cadences. **J. Strength Cond. Res.** *Aceito com modificações*, 2009b.

9. 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.
10. AVELLINI, B.A.; SHAPIRO, Y.; PANDOLF, K.B. Cardio-respiratory physical training in water and on Land. **Eur. J. Appl. Physiol.** 50:255-263, 1983.
11. 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.
12. BARELA, A.M.F.; DUARTE, M. Biomechanical characteristics of elderly individuals walking on land and in water. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 18:446-454, 2008.
13. BECK, T.W.; HOUSH, T.J.; JOHNSON, G.O.; WEIR, J.P.; CRAMER, J.T.; COBURN, J.W.; MALEK, M.H. The effects of interelectrode distance on electromyographic amplitude and mean power frequency during isocinetic and isometric muscle actions of the biceps brachii. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 15:482-495, 2005.
14. 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.
15. BENFIELD, R.D.; NEWTON, E.R.; HORTOBÁGYI, T. Waterproofing EMG instrumentation. **Biol. Res. Nurs.** 8(3):195-201, 2007.
16. BLACK, G.L. **Estudo comparativo entre respostas eletromiográficas realizadas com exercícios de velocidade e resistência variável no meio líquido.** Porto Alegre, 2005. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
17. BOCALINI, D.S.; SERRA, A.J; MURAD, N.; LEVY R.F. Water- versus land-based exercise effects on physical fitness in older women. **Geriatr. Gerontol. Int.** 8:265-271, 2008.
18. 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.
19. CARDOSO, A.S.; TARTARUGA, L.A.P.; BARELLA, R.E.; BRENTANO, M.A.; KRUEL, L.F.M. Effects of a deep water training program on women's muscle strenght. **FIEP Bulletin.** 74:590-593, 2004.
20. 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.

21. 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.
22. COGGAN, A.R.; SPINA, R.J.; KING, D.S.; ROGERS, M.A.; BROWN, M.; NEMETH, P.M.; HOLLOSZY, J.O. Histochemical and enzymatic comparison of the gastrocnemius muscle of young and elderly men and women. **J. Gerontol.** 47:B71-B76, 1992.
23. 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 m exercício básico de hidroginástica. **Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum.** 10(4):323-329, 2008.
24. 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.
25. DAINTY, D.A.; NORMAN, R.W. **Standardizing biomechanical testing in sport.** Champaign: Human Kinetics, 1987.
26. DARBY, L.A.; YAEKLE, B.C. Physiological responses during two types of exercise performed on land and in water. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 40(4):303-311, 2000.
27. DeLUCA, C.J. The use of surface electromyography in biomechanics. **J. Appl. Biomec.** 13:135-163, 1997.
28. DeMELLO, J.J.; CURETON, K.J.; BOINEAU, R.E.; SINGH, M.M. Ratings of perceived exertion at the lactate threshold in trained and untrained men and women. **Med. Sci. Sports Exerc.** 19(4):354-361, 1987.
29. DeVITA, P.; HORTOBAGYI, T. Age causes a redistribution of joint torques and powers during gait. **J. Appl. Physiol.** 88:1804-1811, 2000.
30. ECKERSON, J.; ANDERSON, T. Physiological response to water aerobics. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** 32(3):255-261, 1992.
31. ERVILHA, U.F., DUARTE, M. & AMADIO, A.C. Padrão do sinal eletromiográfico de músculos do membro inferior e cinemática do joelho durante o andar em ambiente aquático e terrestre. In: Congresso Brasileiro de Biomecânica, 9, 2001. Gramado. **Anais...** Porto Alegre: Escola de Educação Física da UFRGS, 2001. v.2, p.290-294.
32. 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.

33. 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.
34. 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.
35. 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.
36. HEBERLEIN, T.; PEREZ, H.R.; WYGAND, J.; CONNOR, K. The metabolic cost of high impact aerobic and hydro-aerobic exercise in middle-aged females. **Med. Sci. Sports Exerc.** 19(2):S89, 1987.
37. HEITHOLD, K.; GLASS, S.C. Variations in heart rate and perception of effort during land and water aerobics in older women. **J. Exerc. Physiol.** 5(4):22-28, 2002.
38. HETZLER, R.K.; SEIP, R.L.; BOUTCHER, S.H.; PIERCE, E.; SNEAD, D.; WELTMAN, A. Effect of exercise modality on ratings of perceived exertion at various lactate concentrations. **Med. Sci. Sports Exerc.** 23(1):88-92, 1991.
39. HEYWARD, V.H.; STOLARCZYK, L.M. **Avaliação da composição corporal aplicada**. São Paulo: Manole, 2000.
40. HOEGER, W.W.K; HOPKINS, D.R; BARETTE, S.L.; HALE, D.F. Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: A comparison between untrained and males and females. **J. Appl. Sport Sci. Res.** 4(2):47-54, 1990.
41. 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.
42. JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L.; WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. **Med. Sci. Sports Exerc.** 12:175-182, 1980.
43. 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.
44. JUDGE, J.O.; DAVIS, R.B. 3rd; OUNPUU, S. Step length reductions in advanced age: the role of ankle and hip kinetics. **J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.** 51:303-312, 1996.
45. KALPAKCIOGLU, B.; CANDIR, F.; BERNATECK, M.; GUTENBRUNNER, C.; FISCHER, M. Does local immersion in thermo-neutral bath influence

- surface EMG measurements? Results of an experimental trial. **J. Electromyogr. Kinesiol.** *In press*, 2008.
46. 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.
 47. 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, 2008a.
 48. KANEDA, K.; SATO, D.; WAKABAYASHI, H.; NOMURA, T. EMG activity of hip and trunk muscles during deep-water running. **J. Electromyogr. Kinesiol.** *In press*, 2008b.
 49. 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.
 50. KING, G.A.; McLAUGHLIN, J.E.; HOWLEY, E.T.; BASSET, D.R.; AINSWORTH, B.E. Validation of Aerosport KB1-C portable metabolic system. **Int. J. Sports Med.** 20:304-308, 1999.
 51. KNUTSON, L.M.; SODERBERG, G.L.; BALLANTYNE, B.T.; CLARKE, W.R. A study of various normalization procedures for within day electromyographic data. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 4(1):47-59, 1994.
 52. 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.
 53. 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.
 54. KRUEL, L.F.M.; BARELLA, R.E.; MÜLLER, F.G.; BRENTANO, M.A.; FIGUEIREDO, P.A.P.; CARDOSO, A.; SEVERO, C.R. Efeitos de um treinamento de força aplicado em mulheres praticantes de hidroginástica. **Rev. Bras. Fisiol. Exerc.** 4(1):32-38, 2005.
 55. 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. **International Journal of Aquatic Research and Education.** 3:186-196, 2009.
 56. KRUEL, L.F.M.; BEILKE, D.D.; PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; ANTUNES, A.H.; KANITZ, A.C.; SILVA, E.M. Maximal cardiorespiratory and ventilatory threshold responses to stationary running in water and on land. **J. Sports Med. Phys. Fitness.** *Submetido*, 2009.

57. 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.
58. 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.
59. 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.
60. 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.
61. MASUMOTO, K.; TOMOKI, S.; 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(4):581-590, 2008.
62. MASUMOTO, K.; MERCER, J.A. Biomechanics of human locomotion in water: an electromyographic analysis. **Exerc. Sport Sci. Rev.** 36(3):160-169, 2008.
63. 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.
64. MCGINNIS, P.M. **Biomechanics of sport and exercise.** Champaign: Human Kinetics, 2005.
65. 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.
66. 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.
67. MORAES, E.Z.C.; KRUEL, L.F.M.; SAMPEDRO, R.M.F.; LOPES, L.F.D.; Metodologia de medida de esforço para exercícios de hidroginástica em diferentes profundidades de água. **Revista Kinesis.** 43-64, 2002.

68. 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.
69. 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, 1999.
70. NARICI, M.V.; ROI, G.S.; LANDONI, L.; MINETTI, A.E.; CERRETELLI, P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strenght training and detraining of the human quadriceps. **Eur. J. Appl. Physiol.** 59:310-319, 1989.
71. 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.
72. PETRICK, M.; PAULSEN, T.; GEORGE, J. Comparison between quadriceps muscle strengthening on land and in water. **Physiotherapy.** 87(6):310-317, 2001.
73. 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.
74. 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.
75. 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.
76. PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; BECKER, M.E.; OLKOSKI, M.M.; KRUEL, L.F.M. Respostas cardiorrespiratórias em exercícios de hidrogenástica executados com e sem o uso de equipamento resistivo. **Rev. Port. Cienc. Desp.** 6(3):336-341, 2006.
77. PINTO, S.S.; ALBERTON, C.L.; FIGUEIREDO, P.A.P.; KRUEL, L.F.M. Cardiorespiratory responses to a hydrogymniastic exercise performed in different situations with the use of aquafins™. **Med. Sci. Sports Exerc.** 39(5):S347, 2007.
78. 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 hidrogenástica executado por

- mulheres em diferentes situações com e sem o equipamento aquafins®. **Rev. Bras. Med. Esporte.** 14(4):357-361, 2008.
79. 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. **J. Electromyogr. Kinesiol. Submetido**, 2009.
 80. 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.
 81. PÖYHÖNEN, T.; KESKINEN, K.L.; HAUTALA, A.; MÄLKIÄ, E. Determination of hydrodynamic drag forces and drag coefficients on human leg/foot model during knee exercise. **Clin. Biomech.** 15:256-260, 2000.
 82. 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.
 83. 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.
 84. PÖYHÖNEN, T.; AVELA, J. Effect of head-out immersion on neuromuscular function of the plantarflexor muscles. **Aviat. Space Environ. Med.** 73:1215-1218, 2002.
 85. 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.
 86. RAINOLDI, A.; CESCO, C.; BOTTIN, A.; CASALE, R.; CARUSO, I. Surface EMG alterations induced by underwater recording. **J. Electromyogr. Kinesiol.** 14:325-331, 2004a
 87. RAINOLDI, A.; MELCHIORRI, G.; CARUSO, I. A method for positioning electrodes during surface EMG recordings in lower limb muscles. **J. Neurosci. Methods.** 134:37-43, 2004b.
 88. REILLY, T.; DOWZER, C.N.; CABLE, N.T. The physiology of deep water running. **J. Sports Sci.** 21:959-972, 2003.
 89. ROY, S.H.; DeLUCA, C.J.; SCHNEIDER, J. Effects of electrode location on myoelectric conduction velocity and median frequency estimates. **J. Appl. Physiol.** 61(4):1510-1517, 1986.

90. 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.
91. SATO, D.; KANEDA, K.; WAKABAYASHI, H.; NOMURA, T. Comparison of 2-year effects of once and twice weekly water exercise on activities of daily living ability of community dwelling frail elderly. **Arch. Gerontol. Geriatr. In press**, 2008.
92. 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.
93. 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.** 26(6):579-586, 2007.
94. SOUZA, A.S.; KANITZ, A.C.; RODRIGUES, B.M.; ALBERTON, C.L.; SILVA, E.M.; PINTO, S.S.; KRUEL, L.F.M. Physiological comparisons between different methods of aquatic resistance training with and without resistive equipment. **J. Strength Cond. Res. Submetido**, 2009.
95. 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.
96. 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.
97. TAUNTON, J.E.; RHODES, E.C.; WOLSKI, L.A.; DONELLY, M.; WARREN, J.; ELLIOT, J.; McFARLANE, L.; LESLIE, J.; MITCHELL, J.; LAURIDSEN, B. Effect of land-based and water-based fitness programs on the cardiovascular fitness, strength and flexibility of woman aged 65-75 years. **Gerontology.** 42:204-210, 1996.
98. TESCH, P.A.; PLOUTZ-SNYDER, L.L.; YSTROM, L.; CASTRO, M.J.; DUDLEY, G.A. Skeletal muscle glycogen loss evoked by resistance exercise. **J. Strength Cond. Res.** 12(2):67-73, 1998.
99. TSOURLOU, T.; BENIK, A.; DIPLA, K.; ZAFEIRIDIS, A.; KELLIS, S. The effects of a twenty-four-week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. **J. Strength Cond. Res.** 20(4):811-818, 2006.

100. 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.

ANEXOS

ANEXO A

CÁLCULO DO TAMANHO DA AMOSTRA

* Frequência cardíaca

Compare 2

Compare Misclass Sample size Power Note View Save Help Finder Quit

Sample sizes needed to test a difference between 2 independent samples

FIRST CLICK ON TYPE OF COMPARISON

COMPARISON OF...

- S1. Proportions (simple comparison)
- S2. Proportions (equivalence)
- S3. Proportions (stratified data)
- S4. Proportions (multiple logistic regression)
- S5. Ordered categories
- S6. Means (simple comparison)
- S7. Means (equivalence)
- S8. Means (multiple linear regression)
- S9. Numbers of events, e.g. disease onsets/spells
- S10. Survival (time to event)
- S11. Change (using before-after ratings)

The groups are A and B. In a case-control study or trial, call the controls "B". In a cohort study, call the unexposed "B".

Significance level %: 5 Power %: 90

Ratio of sample sizes B:A: 0.7

Enter (known or assumed):

Pooled variance: or Two SDs: SD in A: 14 SD in B: 12

TO DETECT: Difference: 28

REQUIRED SAMPLE: Total 13 (8 in A, 5 in B)

EXPECTED PRECISION:

Approx. 95% CI for difference between means (D) =
D - 17.290 to D + 17.290

Clear Repeat Run Print

* Consumo de oxigênio

Compare 2

Compare Misclass Sample size Power Note View Save Help Finder Quit

Sample sizes needed to test a difference between 2 independent samples

FIRST CLICK ON TYPE OF COMPARISON

COMPARISON OF...

- S1. Proportions (simple comparison)
- S2. Proportions (equivalence)
- S3. Proportions (stratified data)
- S4. Proportions (multiple logistic regression)
- S5. Ordered categories
- S6. Means (simple comparison)
- S7. Means (equivalence)
- S8. Means (multiple linear regression)
- S9. Numbers of events, e.g. disease onsets/spells
- S10. Survival (time to event)
- S11. Change (using before-after ratings)

The groups are A and B. In a case-control study or trial, call the controls "B". In a cohort study, call the unexposed "B".

Significance level %: 5 Power %: 90

Ratio of sample sizes B:A: 0.7

Enter (known or assumed):

Pooled variance: or Two SDs: SD in A: 4.67 SD in B: 3.58

TO DETECT: Difference: 7.59

REQUIRED SAMPLE: Total 17 (10 in A, 7 in B)

EXPECTED PRECISION:

Approx. 95% CI for difference between means (D) =
D - 4.659 to D + 4.659

Clear Repeat Run Print

* Velocidade angular média

Compare 2

Compare Misclass Sample size Power Note View Save Help Finder Quit

Sample sizes needed to test a difference between 2 independent samples

FIRST CLICK ON TYPE OF COMPARISON

COMPARISON OF...

- S1. Proportions (simple comparison)
- S2. Proportions (equivalence)
- S3. Proportions (stratified data)
- S4. Proportions (multiple logistic regression)
- S5. Ordered categories
- S6. Means (simple comparison)
- S7. Means (equivalence)
- S8. Means (multiple linear regression)
- S9. Numbers of events, e.g. disease onsets/spells
- S10. Survival (time to event)
- S11. Change (using before-after ratings)

The groups are A and B. In a case-control study or trial, call the controls "B". In a cohort study, call the unexposed "B".

Significance level %: 5 Power %: 90

Ratio of sample sizes B:A: 0.7

Enter (known or assumed):

Pooled variance: or Two SDs: SD in A: 120 SD in B: 73

TO DETECT: Difference: 154

REQUIRED SAMPLE: Total 25 (15 in A, 10 in B)

EXPECTED PRECISION:

Approx. 95% CI for difference between means (D) =
D - 94.027 to D + 94.027

Clear Repeat Run Print

* Percentual da contração isométrica voluntária máxima

Compare 2

Compare Misclass Sample size Power Note View Save Help Finder Quit

Sample sizes needed to test a difference between 2 independent samples

FIRST CLICK ON TYPE OF COMPARISON

COMPARISON OF:

- S1. Proportions (simple comparison)
- S2. Proportions (equivalence)
- S3. Proportions (stratified data)
- S4. Proportions (multiple logistic regression)
- S5. Ordered categories
- S6. Means (simple comparison)
- S7. Means (equivalence)
- S8. Means (multiple linear regression)
- S9. Numbers of events, e.g. disease onsets/spells
- S10. Survival (time to event)
- S11. Change (using before-after ratings)

The groups are A and B. In a case-control study or trial, call the controls "B". In a cohort study, call the unexposed "B".

Significance level α : Power β :

Ratio of sample sizes B:A:

Enter (known or assumed):

Pooled variance: or Two SDs: SD in A: SD in B:

TO DETECT: Difference:

REQUIRED SAMPLE: Total 8 (5 in A, 3 in B)

EXPECTED PRECISION:
Approx. 95% CI for difference between means (D) =
D - 7.240 to D + 7.240

Clear Repeat Run Print

ANEXO B

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

Eu, _____, portador do documento de identidade número _____, concordo voluntariamente em participar do estudo "COMPARAÇÃO DAS RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS, NEUROMUSCULARES E CINEMÁTICAS DE UM EXERCÍCIO DE HIDROGINÁSTICA EXECUTADO EM DIFERENTES CADÊNCIAS COM E SEM EQUIPAMENTO".

Declaro estar ciente de que o estudo será desenvolvido pela mestrandia Stephanie Santana Pinto, 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 e cinemáticas de um exercício de hidroginástica executado em diferentes cadências com e sem equipamento flutuante e resistivo. Estou ciente de que as informações obtidas no decorrer deste trabalho serão utilizadas para a elaboração da dissertação da referida autora e pelo Programa anteriormente citados, e que todas as informações utilizadas deverão manter o sigilo dos indivíduos avaliados.

* Compreendo que serei solicitado a:

1. Fazer-me medidas corporais;
2. Fazer-me exercitar em esteira rolante, com avaliação cardiorrespiratória até o máximo esforço;
3. Disponer-me à preparação da pele, que inclui os seguintes procedimentos: depilação, abrasão e limpeza com álcool;
4. Disponer-me à fixação de eletrodos de superfície e à colocação de adesivos impermeáveis na região anterior e posterior da coxa; e na região anterior e posterior do braço.
5. Realizar testes de contração isométrica voluntária máxima para a flexão e extensão do quadril, e flexão e extensão do cotovelo;
6. Realizar um exercício de hidroginástica em cada cadência testada em três situações, em apenas uma sessão experimental.

* Eu entendo que durante o teste de esforço máximo e os testes submáximos:

1. Eu estarei respirando através de uma máscara, no qual estará anexado a um analisador de gases, e que meu nariz estará ocluído (fechado);
2. Eu estarei usando eletrodos de superfície na região anterior e posterior da coxa; e na região anterior e posterior do braço.
3. Os procedimentos expostos acima têm sido explicados para mim por Stephanie Santana Pinto, algum bolsista ou assistente;
4. Eu entendo que os testes que serão realizados podem envolver dor e cansaço muscular temporário. Há a possibilidade de mudanças anormais da minha frequência cardíaca e pressão sanguínea durante os testes. Porém, eu entendo que minha FC será monitorada durante todos os testes através de um frequencímetro, e que eu posso terminar o teste em qualquer momento sob meu critério.

* Eu entendo que serei orientado que minha participação nesse estudo e consequentemente à melhora de conhecimentos sobre respostas cardiorrespiratórias, neuromusculares e cinemáticas não me darão qualquer vantagem educacional;

* Eu entendo que Stephanie Santana Pinto e/ou bolsistas irão responder qualquer dúvida que eu tenha em qualquer momento relativo a estes procedimentos;

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

* Eu entendo que não há compensação monetária pela minha participação nesse estudo;

* Eu entendo que no surgimento de uma lesão física resultante diretamente de minha participação, não será providenciada nenhuma compensação financeira. Eu entendo que não terá nenhum médico ou desfibrilador presente durante os testes. Apesar disso, estará disponível no laboratório uma linha telefônica para a Assistência Médica de Emergência.

* Eu entendo que eu posso fazer contato com o orientador do estudo Professor Doutor Luiz Fernando Martins Kruehl, com a autora do estudo Stephanie Santana Pinto ou qualquer bolsista ou assistente, para quaisquer problemas referentes a minha participação no estudo ou se eu sentir que há uma violação nos meus direitos, através dos telefones:

(51) 3308-5820 (Laboratório de Pesquisa do Exercício)

(51) 3308-6000 (Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS)

Porto Alegre, _____ de _____ de _____.

Participante:

Nome completo: _____

Assinatura do sujeito (participante): _____

Assinatura do pesquisador: _____

CONSENTIMENTO PARA FOTOGRAFIAS

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

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

Assinatura: _____ Data: _____

ANEXO C



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

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

Número : 2007905

Título : COMPARAÇÃO DAS RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS, NEUROMUSCULARES E CINEMÁTICAS DE UM EXERCÍCIO DE HIDROGINÁSTICA EXECUTADO EM DIFERENTES CADÊNCIAS COM E SEM EQUIPAMENTO

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
EDUARDO LUSA CADORE	PESQUISADOR	edcadore@yahoo.com.br	
EDUARDO MARCZWSKI DA SILVA	PESQUISADOR	eduardomarczwski@yahoo.co	
STÉPHANIE SANTANA PINTO	PESQUISADOR	tetisantana@yahoo.com.br	

O mesmo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS, reunião nº 31 , ata nº 111 , de 24/07/2008 , por estar adequado ética e metodologicamente e de acordo com a Resolução 196/96 e complementares do Conselho Nacional de Saúde.

Porto Alegre, quarta-feira, 30 de julho de 2008


ILMA SIMONI BRUM DA SILVA
 Coordenador do CEP-UFRGS

ANEXO D
FICHA DE DADOS INDIVIDUAIS

Nome: _____

Data de Nascimento: _____ Idade: _____

Tempo de Prática de Hidroginástica: _____

Massa Corporal: _____ Estatura: _____

Dobras cutâneas	1	2	3	Final
Tricipital				
Subescapular				
Peitoral				
Axilar-média				
Supra-iliaca				
Abdominal				
Coxa				

% Massa Corporal Magra: _____

% Gordura Corporal: _____

Somatório das Dobras: _____

ANEXO E

FICHA DE COLETA DE DADOS – Teste de Esforço Máximo.

Data:

Idade:

Nome:

Estatura:

Massa Corporal:

Tempo	Velocidade	FC	Tempo	Velocidade	FC
10"	5 km.h ⁻¹		8'30"	12 km.h ⁻¹	
20"	5 km.h ⁻¹		8'40"	12 km.h ⁻¹	
30"	5 km.h ⁻¹		8'50"	12 km.h ⁻¹	
40"	5 km.h ⁻¹		9'	13 km.h ⁻¹	
50"	5 km.h ⁻¹		9'10"	13 km.h ⁻¹	
1'	5 km.h ⁻¹		9'20"	13 km.h ⁻¹	
1'10"	5 km.h ⁻¹		9'30"	13 km.h ⁻¹	
1'20"	5 km.h ⁻¹		9'40"	13 km.h ⁻¹	
1'30"	5 km.h ⁻¹		9'50"	13 km.h ⁻¹	
1'40"	5 km.h ⁻¹		10'	14 km.h ⁻¹	
1'50"	5 km.h ⁻¹		10'10"	14 km.h ⁻¹	
2'	6 km.h ⁻¹		10'20"	14 km.h ⁻¹	
2'10"	6 km.h ⁻¹		10'30"	14 km.h ⁻¹	
2'20"	6 km.h ⁻¹		10'40"	14 km.h ⁻¹	
2'30"	6 km.h ⁻¹		10'50"	14 km.h ⁻¹	
2'40"	6 km.h ⁻¹		11'	15 km.h ⁻¹	
2'50"	6 km.h ⁻¹		11'10"	15 km.h ⁻¹	
3'	7 km.h ⁻¹		11'20"	15 km.h ⁻¹	
3'10"	7 km.h ⁻¹		11'30"	15 km.h ⁻¹	
3'20"	7 km.h ⁻¹		11'40"	15 km.h ⁻¹	
3'30"	7 km.h ⁻¹		11'50"	15 km.h ⁻¹	
3'40"	7 km.h ⁻¹		12'	16 km.h ⁻¹	
3'50"	7 km.h ⁻¹		12'10"	16 km.h ⁻¹	
4'	8 km.h ⁻¹		12'20"	16 km.h ⁻¹	
4'10"	8 km.h ⁻¹		12'30"	16 km.h ⁻¹	
4'20"	8 km.h ⁻¹		12'40"	16 km.h ⁻¹	
4'30"	8 km.h ⁻¹		12'50"	16 km.h ⁻¹	
4'40"	8 km.h ⁻¹		13'	17 km.h ⁻¹	
4'50"	8 km.h ⁻¹		13'10"	17 km.h ⁻¹	
5'	9 km.h ⁻¹		13'20"	17 km.h ⁻¹	
5'10"	9 km.h ⁻¹		13'30"	17 km.h ⁻¹	
5'20"	9 km.h ⁻¹		13'40"	17 km.h ⁻¹	
5'30"	9 km.h ⁻¹		13'50"	17 km.h ⁻¹	
5'40"	9 km.h ⁻¹		14'	18 km.h ⁻¹	
5'50"	9 km.h ⁻¹		14'10"	18 km.h ⁻¹	
6'	10 km.h ⁻¹		14'20"	18 km.h ⁻¹	
6'10"	10 km.h ⁻¹		14'30"	18 km.h ⁻¹	
6'20"	10 km.h ⁻¹		14'40"	18 km.h ⁻¹	
6'30"	10 km.h ⁻¹		14'50"	18 km.h ⁻¹	
6'40"	10 km.h ⁻¹				
6'50"	10 km.h ⁻¹				
7'	11 km.h ⁻¹				
7'10"	11 km.h ⁻¹				
7'20"	11 km.h ⁻¹				
7'30"	11 km.h ⁻¹				
7'40"	11 km.h ⁻¹				
7'50"	11 km.h ⁻¹				
8'	12 km.h ⁻¹				
8'10"	12 km.h ⁻¹				
8'20"	12 km.h ⁻¹				

ANEXO F

FICHA DE COLETA DE DADOS

Data:
 Nome:
 Idade:
 Massa corporal:
 Estatura:
 Temperatura da Água:

REPOUSO DECÚBITO DORSAL 1 (TERRA)

Tempo	VO ₂	Tempo	VO ₂
10"		1'40"	
20"		1'50"	
30"		2'	
40"		2'10"	
50"		2'20"	
1'		2'30"	
1'10"		2'40"	
1'20"		2'50"	
1'30"		3'	

SITUAÇÃO 1: CADÊNCIA 80 BPM

Tempo	FC	Tempo	FC
10"		2'10"	
20"		2'20"	
30"		2'30"	
40"		2'40"	
50"		2'50"	
1'		3'	
1'10"		3'10"	
1'20"		3'20"	
1'30"		3'30"	
1'40"		3'40"	
1'50"		3'50"	
2'		4'	

Tempo Final: _____

OBSERVAÇÕES:

SITUAÇÃO 2: CADÊNCIA 80 BPM

Tempo	FC	Tempo	FC
10"		2'10"	
20"		2'20"	
30"		2'30"	
40"		2'40"	
50"		2'50"	
1'		3'	
1'10"		3'10"	
1'20"		3'20"	
1'30"		3'30"	
1'40"		3'40"	
1'50"		3'50"	
2'		4'	

Tempo Final: _____

OBSERVAÇÕES:

SITUAÇÃO 3: CADÊNCIA 80 BPM

Tempo	FC	Tempo	FC
10"		2'10"	
20"		2'20"	
30"		2'30"	
40"		2'40"	
50"		2'50"	
1'		3'	
1'10"		3'10"	
1'20"		3'20"	
1'30"		3'30"	
1'40"		3'40"	
1'50"		3'50"	
2'		4'	

Tempo Final: _____

OBSERVAÇÕES:

REPOUSO DECÚBITO DORSAL 2 (SUPERFÍCIE DA ÁGUA)

Tempo	VO ₂	Tempo	VO ₂	Tempo	VO ₂
10"		8'30"		16'50"	
20"		8'40"		17'	
30"		8'50"		17'10"	
40"		9'		17'20"	
50"		9'10"		17'30"	
1'		9'20"		17'40"	
1'10"		9'30"		17'50"	
1'20"		9'40"		18'	
1'30"		9'50"		18'10"	
1'40"		10'		18'20"	
1'50"		10'10"		18'30"	
2'		10'20"		18'40"	
2'10"		10'30"		18'50"	
2'20"		10'40"		19'	
2'30"		10'50"		19'10"	
2'40"		11'		19'20"	
2'50"		11'10"		19'30"	
3'		11'20"		19'40"	
3'10"		11'30"		19'50"	
3'20"		11'40"		20'	
3'30"		11'50"		20'10"	
3'40"		12'		20'20"	
3'50"		12'10"		20'30"	
4'		12'20"		20'40"	
4'10"		12'30"		20'50"	
4'20"		12'40"		21'	
4'30"		12'50"		21'10"	
4'40"		13'		21'20"	
4'50"		13'10"		21'30"	
5'		13'20"		21'40"	
5'10"		13'30"		21'50"	
5'20"		13'40"		22'	
5'30"		13'50"		22'10"	
5'40"		14'		22'20"	
5'50"		14'10"		22'30"	
6'		14'20"		22'40"	
6'10"		14'30"		22'50"	
6'20"		14'40"		23'	
6'30"		14'50"		23'10"	
6'40"		15'		23'20"	
6'50"		15'10"		23'30"	
7'		15'20"		23'40"	
7'10"		15'30"		23'50"	
7'20"		15'40"		24'	
7'30"		15'50"		24'10"	
7'40"		16'		24'20"	
7'50"		16'10"		24'30"	
8'		16'20"		24'40"	
8'10"		16'30"		24'50"	
8'20"		16'40"		25'	

SITUAÇÃO 1: CADÊNCIA 100 BPM

Tempo	FC	Tempo	FC
10"		2'10"	
20"		2'20"	
30"		2'30"	
40"		2'40"	
50"		2'50"	
1'		3'	
1'10"		3'10"	
1'20"		3'20"	
1'30"		3'30"	
1'40"		3'40"	
1'50"		3'50"	
2'		4'	

Tempo Final: _____

OBSERVAÇÕES

SITUAÇÃO 2: CADÊNCIA 100 BPM

Tempo	FC	Tempo	FC
10"		2'10"	
20"		2'20"	
30"		2'30"	
40"		2'40"	
50"		2'50"	
1'		3'	
1'10"		3'10"	
1'20"		3'20"	
1'30"		3'30"	
1'40"		3'40"	
1'50"		3'50"	
2'		4'	

Tempo Final: _____

OBSERVAÇÕES:

SITUAÇÃO 3: CADÊNCIA 100 BPM

Tempo	FC	Tempo	FC
10"		2'10"	
20"		2'20"	
30"		2'30"	
40"		2'40"	
50"		2'50"	
1'		3'	
1'10"		3'10"	
1'20"		3'20"	
1'30"		3'30"	
1'40"		3'40"	
1'50"		3'50"	
2'		4'	

Tempo Final: _____

OBSERVAÇÕES:

ANEXO G
NORMALIDADE DOS DADOS

* VO₂ em repouso

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Rel_Rep1	,122	14	,200(*)	,937	14	,384
Rel_Rep2	,165	13	,200(*)	,960	13	,761

* Valor RMS dos músculos BB, TB, RF e BF pré-protocolo e pós-protocolo

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pré_BB	,190	10	,200(*)	,934	10	,486
Pós_BB	,157	10	,200(*)	,958	10	,763
Pré_TB	,131	11	,200(*)	,961	11	,780
Pós_TB	,203	10	,200(*)	,926	10	,411
Pré_RF	,144	11	,200(*)	,930	11	,415
Pós_RF	,183	11	,200(*)	,943	11	,557
Pré_BF	,227	12	,087	,854	12	,041
Pós_BF	,196	12	,200(*)	,932	12	,400

* Duração de repetição do cotovelo e quadril durante o exercício

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Flu_80_c	,164	10	,200(*)	,919	10	,348
Flu_80_q	,257	12	,028	,860	12	,049
Res_80_c	,228	12	,084	,919	12	,278
Res_80_q	,210	12	,148	,886	12	,103
Sem_80_c	,195	11	,200(*)	,934	11	,454
Sem_80_q	,216	12	,129	,884	12	,098
Flu_100_c	,193	11	,200(*)	,889	11	,134
Flu_100_q	,182	12	,200(*)	,926	12	,341
Res_100_c	,258	12	,026	,872	12	,069
Res_100_q	,170	12	,200(*)	,946	12	,585
Sem_100_c	,229	10	,147	,939	10	,545
Sem_100_q	,152	12	,200(*)	,982	12	,990
Flu_max_c	,172	12	,200(*)	,917	12	,258
Flu_max_q	,187	12	,200(*)	,891	12	,121
Res_max_c	,191	12	,200(*)	,933	12	,415
Res_max_q	,227	12	,089	,921	12	,297
Sem_max_c	,147	12	,200(*)	,933	12	,411
Sem_max_q	,174	12	,200(*)	,973	12	,936

* FC, %FC_{máx}, VO₂, %VO_{2máx} durante o exercício

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
O2_ab_S_80	,155	15	,200(*)	,933	15	,302
O2_rel_S_80	,160	15	,200(*)	,931	15	,285
PerO2_ab_S_80	,139	15	,200(*)	,976	15	,936
PerO2_rel_S_80	,132	15	,200(*)	,977	15	,950
FC_S_80	,102	15	,200(*)	,974	15	,910
PerFC_S_80	,151	15	,200(*)	,922	15	,206
O2_ab_R_80	,152	14	,200(*)	,949	14	,549
O2_rel_R_80	,144	14	,200(*)	,921	14	,231
PerO2_ab_R_80	,145	14	,200(*)	,967	14	,831
PerO2_rel_R_80	,179	14	,200(*)	,961	14	,735
FC_R_80	,142	15	,200(*)	,965	15	,786
PerFC_R_80	,123	15	,200(*)	,937	15	,345
O2_ab_F_80	,134	15	,200(*)	,943	15	,416
O2_rel_F_80	,153	15	,200(*)	,921	15	,200
PerO2_ab_F_80	,169	15	,200(*)	,956	15	,620
PerO2_rel_F_80	,122	15	,200(*)	,964	15	,768
FC_F_80	,132	15	,200(*)	,947	15	,478
PerFC_F_80	,172	15	,200(*)	,909	15	,132
O2_ab_S_100	,115	13	,200(*)	,954	13	,667
O2_rel_S_100	,100	13	,200(*)	,976	13	,956
PerO2_ab_S_100	,094	13	,200(*)	,980	13	,979
PerO2_rel_S_100	,095	13	,200(*)	,984	13	,994
FC_S_100	,175	13	,200(*)	,949	13	,586
PerFC_S_100	,171	13	,200(*)	,946	13	,545
O2_ab_R_100	,140	13	,200(*)	,961	13	,764
O2_rel_R_100	,159	13	,200(*)	,926	13	,303
PerO2_ab_R_100	,171	13	,200(*)	,939	13	,443
PerO2_rel_R_100	,163	13	,200(*)	,942	13	,486
FC_R_100	,173	13	,200(*)	,959	13	,734
PerFC_R_100	,121	13	,200(*)	,982	13	,988
O2_ab_F_100	,208	13	,130	,916	13	,219
O2_rel_F_100	,173	13	,200(*)	,922	13	,271
PerO2_ab_F_100	,163	13	,200(*)	,975	13	,949
PerO2_rel_F_100	,163	13	,200(*)	,972	13	,922
FC_F_100	,215	13	,103	,900	13	,133
PerFC_F_100	,177	13	,200(*)	,926	13	,298

* ADMC, ADMQ e ADMJ durante o exercício

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Flu_80_ROMC_fle	,110	14	,200(*)	,965	14	,811
Flu_80_ROMC_ex	,106	14	,200(*)	,959	14	,704
Flu_80_ROMJ_fle	,151	14	,200(*)	,956	14	,659
Flu_80_ROMJ_ex	,148	14	,200(*)	,958	14	,687
Flu_80_ROMQ_fle	,163	14	,200(*)	,931	14	,314
Flu_80_ROMQ_ex	,188	14	,192	,908	14	,146
Res_80_ROMC_fle	,127	14	,200(*)	,942	14	,440
Res_80_ROMC_ex	,127	14	,200(*)	,944	14	,467
Res_80_ROMJ_fle	,135	14	,200(*)	,964	14	,786
Res_80_ROMJ_ex	,125	14	,200(*)	,966	14	,822
Res_80_ROMQ_fle	,186	14	,200(*)	,922	14	,237
Res_80_ROMQ_ex	,138	14	,200(*)	,937	14	,379
Sem_80_ROMC_fle	,174	15	,200(*)	,917	15	,173
Sem_80_ROMC_ex	,187	15	,164	,944	15	,430
Sem_80_ROMJ_fle	,197	15	,122	,918	15	,177
Sem_80_ROMJ_ex	,182	15	,194	,914	15	,158
Sem_80_ROMQ_fle	,165	15	,200(*)	,928	15	,255
Sem_80_ROMQ_ex	,150	15	,200(*)	,931	15	,281
Flu_10_ROMC_fle	,165	13	,200(*)	,929	13	,332
Flu_10_ROMC_ex	,188	13	,200(*)	,922	13	,268
Flu_10_ROMJ_fle	,169	13	,200(*)	,919	13	,241
Flu_10_ROMJ_ex	,192	13	,200(*)	,912	13	,195
Flu_10_ROMQ_fle	,159	13	,200(*)	,978	13	,970
Flu_10_ROMQ_ex	,111	13	,200(*)	,984	13	,992
Res_10_ROMC_fle	,143	13	,200(*)	,966	13	,848
Res_10_ROMC_ex	,147	13	,200(*)	,944	13	,510
Res_10_ROMJ_fle	,179	13	,200(*)	,953	13	,649
Res_10_ROMJ_ex	,163	13	,200(*)	,955	13	,681
Res_10_ROMQ_fle	,196	13	,184	,911	13	,187
Res_10_ROMQ_ex	,181	13	,200(*)	,902	13	,143
Sem_10_ROMC_fle	,122	13	,200(*)	,938	13	,435
Sem_10_ROMC_ex	,127	13	,200(*)	,931	13	,346
Sem_10_ROMJ_ex	,149	13	,200(*)	,960	13	,752
Sem_10_ROMJ_fle	,168	13	,200(*)	,964	13	,809
Sem_10_ROMQ_fle	,137	13	,200(*)	,952	13	,634
Sem_10_ROMQ_ex	,141	13	,200(*)	,949	13	,578
Flu_mx_ROMC_fle	,225	14	,053	,880	14	,058
Flu_mx_ROMC_ex	,201	14	,129	,868	14	,039
Flu_mx_ROMJ_fle	,111	14	,200(*)	,961	14	,739
Flu_mx_ROMJ_ex	,146	14	,200(*)	,940	14	,421
Flu_mx_ROMQ_fle	,196	14	,149	,968	14	,843
Flu_mx_ROMQ_ex	,158	14	,200(*)	,974	14	,930
Res_mx_ROMC_fle	,121	12	,200(*)	,961	12	,794
Res_mx_ROMC_ex	,152	12	,200(*)	,957	12	,742
Res_mx_ROMJ_fle	,149	12	,200(*)	,959	12	,766

Res_mx_ROMJ_ex	,153	12	,200(*)	,956	12	,721
Res_mx_ROMQ_fle	,177	12	,200(*)	,853	12	,040
Res_mx_ROMQ_ex	,163	12	,200(*)	,910	12	,215
Sem_mx_ROMC_fle	,153	14	,200(*)	,938	14	,389
Sem_mx_ROMC_ex	,150	14	,200(*)	,941	14	,429
Sem_mx_ROMJ_fle	,114	14	,200(*)	,956	14	,661
Sem_mx_ROMJ_ex	,151	14	,200(*)	,953	14	,614
Sem_mx_ROMQ_fle	,139	14	,200(*)	,966	14	,821
Sem_mx_ROMQ_ex	,128	14	,200(*)	,963	14	,773

* VAMC, VAMQ e VAMJ durante o exercício

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Flu_80_vec_fle	,235	14	,035	,903	14	,124
Flu_80_vec_ex	,177	14	,200(*)	,922	14	,235
Flu_80_vej_fle	,142	14	,200(*)	,964	14	,788
Flu_80_vej_ex	,140	14	,200(*)	,943	14	,456
Flu_80_veq_fle	,217	14	,073	,912	14	,167
Flu_80_veq_ex	,229	14	,044	,929	14	,293
Res_80_vec_fle	,167	13	,200(*)	,921	13	,258
Res_80_vec_ex	,164	14	,200(*)	,921	14	,224
Res_80_vej_fle	,136	14	,200(*)	,971	14	,893
Res_80_vej_ex	,126	14	,200(*)	,963	14	,768
Res_80_veq_fle	,130	14	,200(*)	,965	14	,806
Res_80_veq_ex	,204	14	,120	,929	14	,300
Sem_80_vec_fle	,091	15	,200(*)	,988	15	,998
Sem_80_vec_ex	,165	15	,200(*)	,950	15	,523
Sem_80_vej_fle	,119	15	,200(*)	,962	15	,730
Sem_80_vej_ex	,182	15	,195	,963	15	,739
Sem_80_veq_fle	,117	15	,200(*)	,945	15	,452
Sem_80_veq_ex	,129	15	,200(*)	,949	15	,516
Flu_10_vec_fle	,219	13	,088	,900	13	,134
Flu_10_vec_ex	,166	13	,200(*)	,870	13	,052
Flu_10_vej_fle	,147	13	,200(*)	,959	13	,742
Flu_10_vej_ex	,162	13	,200(*)	,929	13	,332
Flu_10_veq_fle	,210	13	,121	,916	13	,221
Flu_10_veq_ex	,179	13	,200(*)	,920	13	,249
Res_10_vec_fle	,175	13	,200(*)	,872	13	,056
Res_10_vec_ex	,168	13	,200(*)	,923	13	,277
Res_10_vej_fle	,199	13	,164	,918	13	,235
Res_10_vej_ex	,175	13	,200(*)	,968	13	,867
Res_10_veq_fle	,140	13	,200(*)	,945	13	,518
Res_10_veq_ex	,131	13	,200(*)	,968	13	,871
Sem_10_vec_fle	,173	13	,200(*)	,897	13	,122
Sem_10_vec_ex	,128	13	,200(*)	,973	13	,927
Sem_10_vej_ex	,239	13	,041	,861	13	,039
Sem_10_vej_fle	,156	13	,200(*)	,940	13	,461
Sem_10_veq_fle	,183	13	,200(*)	,946	13	,534
Sem_10_veq_ex	,156	13	,200(*)	,949	13	,590

Flu_mx_vc_fle	,106	14	,200(*)	,974	14	,928
Flu_mx_vc_ex	,132	14	,200(*)	,947	14	,516
Flu_mx_vej_fle	,138	14	,200(*)	,968	14	,852
Flu_mx_vej_ex	,123	14	,200(*)	,984	14	,992
Flu_mx_veq_fle	,150	14	,200(*)	,958	14	,686
Flu_mx_veq_ex	,097	14	,200(*)	,985	14	,995
Res_mx_vec_fle	,236	12	,064	,913	12	,232
Res_mx_vec_ex	,231	12	,076	,905	12	,184
Res_mx_vej_fle	,177	12	,200(*)	,930	12	,380
Res_mx_vej_ex	,135	12	,200(*)	,939	12	,490
Res_mx_veq_fle	,183	12	,200(*)	,937	12	,461
Res_mx_veq_ex	,231	12	,077	,934	12	,428
Sem_mx_vec_fle	,167	12	,200(*)	,899	12	,152
Sem_mx_vec_ex	,250	14	,018	,875	14	,049
Sem_mx_vej_fle	,208	14	,103	,935	14	,356
Sem_mx_vej_ex	,248	14	,019	,841	14	,017
Sem_mx_veq_fle	,107	14	,200(*)	,971	14	,891
Sem_mx_veq_ex	,233	14	,039	,929	14	,294

* %CVM BB, %CVM TB, %CVM RF e %CVM BF durante o exercício (análise do sinal EMG por repetição)

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Flu_80_BB	,124	14	,200(*)	,947	14	,519
Res_80_BB	,154	13	,200(*)	,909	13	,178
Sem_80_BB	,152	15	,200(*)	,936	15	,337
Flu_100_BB	,151	13	,200(*)	,870	13	,053
Res_100_BB	,193	13	,200(*)	,931	13	,347
Sem_100_BB	,215	13	,104	,888	13	,090
Flu_max_BB	,161	14	,200(*)	,963	14	,770
Res_max_BB	,158	12	,200(*)	,931	12	,389
Sem_max_BB	,180	14	,200(*)	,949	14	,547
Flu_80_TB	,233	11	,099	,884	11	,118
Res_80_TB	,225	10	,162	,928	10	,432
Sem_80_TB	,239	11	,079	,907	11	,225
Flu_100_TB	,159	10	,200(*)	,967	10	,866
Res_100_TB	,189	10	,200(*)	,957	10	,753
Sem_100_TB	,250	10	,076	,918	10	,337
Flu_max_TB	,215	10	,200(*)	,952	10	,692
Res_max_TB	,137	9	,200(*)	,977	9	,944
Sem_max_TB	,144	10	,200(*)	,957	10	,748
Flu_80_RF	,192	10	,200(*)	,965	10	,842
Res_80_RF	,161	13	,200(*)	,919	13	,244
Sem_80_RF	,232	14	,039	,904	14	,130
Flu_100_RF	,137	11	,200(*)	,967	11	,855
Res_100_RF	,196	11	,200(*)	,915	11	,281
Sem_100_RF	,137	11	,200(*)	,957	11	,731
Flu_max_RF	,104	13	,200(*)	,979	13	,974
Res_max_RF	,207	9	,200(*)	,928	9	,459
Sem_max_RF	,180	13	,200(*)	,919	13	,244
Flu_80_BF	,253	13	,022	,868	13	,050
Res_80_BF	,171	12	,200(*)	,970	12	,916
Sem_80_BF	,204	13	,143	,916	13	,221
Flu_100_BF	,165	10	,200(*)	,949	10	,655
Res_100_BF	,178	11	,200(*)	,889	11	,136
Sem_100_BF	,218	11	,150	,866	11	,069
Flu_max_BF	,165	12	,200(*)	,927	12	,348
Res_max_BF	,152	10	,200(*)	,947	10	,628
Sem_max_BF	,214	12	,135	,830	12	,021

* %CVM BB, %CVM TB, %CVM RF e %CVM BF durante o exercício (análise do sinal EMG por fase)

	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Flu_80_BB_FLE	,151	14	,200(*)	,955	14	,644
Flu_80_BB_EX	,125	14	,200(*)	,947	14	,509
Res_80_BB_FLE	,105	13	,200(*)	,959	13	,738
Res_80_BB_EX	,289	14	,002	,831	14	,013
Sem_80_BB_FLE	,184	15	,184	,905	15	,113
Sem_80_BB_EX	,137	15	,200(*)	,939	15	,376
Flu_100_BB_FLE	,201	13	,154	,888	13	,091
Flu_100_BB_EX	,180	12	,200(*)	,941	12	,509
Res_100_BB_FLE	,178	12	,200(*)	,907	12	,195
Res_100_BB_EX	,171	13	,200(*)	,915	13	,212
Sem_100_BB_FLE	,191	13	,200(*)	,907	13	,164
Sem_100_BB_EX	,278	13	,007	,877	13	,066
Flu_max_BB_FLE	,141	14	,200(*)	,948	14	,531
Flu_max_BB_EX	,288	14	,003	,865	14	,035
Res_max_BB_FLE	,164	12	,200(*)	,883	12	,095
Res_max_BB_EX	,171	12	,200(*)	,950	12	,637
Sem_max_BB_FLE	,139	14	,200(*)	,964	14	,790
Sem_max_BB_EX	,164	14	,200(*)	,931	14	,312
Flu_80_TB_FLE	,167	10	,200(*)	,941	10	,567
Flu_80_TB_EX	,218	8	,200(*)	,893	8	,250
Res_80_TB_FLE	,209	11	,195	,905	11	,210
Res_80_TB_EX	,216	10	,200(*)	,861	10	,077
Sem_80_TB_FLE	,249	10	,080	,851	10	,059
Sem_80_TB_EX	,241	8	,190	,872	8	,158
Flu_100_TB_FLE	,221	10	,181	,890	10	,170
Flu_100_TB_EX	,209	9	,200(*)	,942	9	,603
Res_100_TB_FLE	,148	9	,200(*)	,950	9	,687
Res_100_TB_EX	,218	10	,195	,883	10	,139
Sem_100_TB_FLE	,174	7	,200(*)	,975	7	,931
Sem_100_TB_EX	,187	9	,200(*)	,906	9	,289
Flu_max_TB_FLE	,243	10	,096	,803	10	,016
Flu_max_TB_EX	,212	10	,200(*)	,957	10	,757
Res_max_TB_FLE	,131	9	,200(*)	,961	9	,814
Res_max_TB_EX	,164	8	,200(*)	,932	8	,538
Sem_max_TB_FLE	,172	9	,200(*)	,915	9	,352
Sem_max_TB_EX	,164	10	,200(*)	,968	10	,871
Flu_80_RF_FLE	,298	12	,004	,732	12	,002
Flu_80_RF_EX	,143	11	,200(*)	,958	11	,744
Res_80_RF_FLE	,202	12	,189	,851	12	,038
Res_80_RF_EX	,148	13	,200(*)	,914	13	,210
Sem_80_RF_FLE	,282	14	,004	,833	14	,013
Sem_80_RF_EX	,179	14	,200(*)	,934	14	,342
Flu_100_RF_FLE	,210	11	,192	,918	11	,303
Flu_100_RF_EX	,160	11	,200(*)	,962	11	,801
Res_100_RF_FLE	,300	11	,006	,827	11	,021
Res_100_RF_EX	,193	11	,200(*)	,929	11	,401
Sem_100_RF_FLE	,250	11	,052	,888	11	,131

Sem_100_RF_EX	,096	11	,200(*)	,987	11	,993
Flu_max_RF_FLE	,158	13	,200(*)	,965	13	,830
Flu_max_RF_EX	,121	13	,200(*)	,937	13	,415
Res_max_RF_FLE	,267	10	,042	,787	10	,010
Res_max_RF_EX	,201	10	,200(*)	,955	10	,725
Sem_max_RF_FLE	,212	12	,141	,891	12	,121
Sem_max_RF_EX	,209	13	,123	,893	13	,106
Flu_80_BF_FLE	,175	13	,200(*)	,916	13	,221
Flu_80_BF_EX	,261	13	,016	,863	13	,042
Res_80_BF_FLE	,197	12	,200(*)	,954	12	,689
Res_80_BF_EX	,176	12	,200(*)	,964	12	,842
Sem_80_BF_FLE	,134	13	,200(*)	,928	13	,320
Sem_80_BF_EX	,192	13	,200(*)	,905	13	,157
Flu_100_BF_FLE	,236	11	,087	,860	11	,058
Flu_100_BF_EX	,122	11	,200(*)	,949	11	,631
Res_100_BF_FLE	,211	11	,186	,873	11	,085
Res_100_BF_EX	,153	11	,200(*)	,976	11	,938
Sem_100_BF_FLE	,193	11	,200(*)	,953	11	,686
Sem_100_BF_EX	,230	11	,108	,846	11	,038
Flu_max_BF_FLE	,168	12	,200(*)	,945	12	,560
Flu_max_BF_EX	,135	12	,200(*)	,956	12	,722
Res_max_BF_FLE	,163	10	,200(*)	,953	10	,708
Res_max_BF_EX	,171	10	,200(*)	,965	10	,843
Sem_max_BF_FLE	,187	12	,200(*)	,877	12	,081
Sem_max_BF_EX	,158	10	,200(*)	,928	10	,430