

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
CURSO DE BACHARELADO EM FISIOTERAPIA

André Ivaniski Mello

AUTOMATISMOS POSTURAI ANTECIPATÓRIOS E COMPENSATÓRIOS DURANTE A  
EXECUÇÃO DE ABDUÇÃO E FLEXÃO DE OMBRO COM DIFERENTES CARGAS EM  
AMBIENTE AQUÁTICO

Porto Alegre

2016

André Ivaniski Mello

AUTOMATISMOS POSTURAIS ANTECIPATÓRIOS E COMPENSATÓRIOS DURANTE A  
EXECUÇÃO DE ABDUÇÃO E FLEXÃO DE OMBRO COM DIFERENTES CARGAS EM  
AMBIENTE AQUÁTICO

Trabalho de Conclusão de Curso a ser submetido  
à avaliação por Banca Examinadora como  
requisito parcial para obtenção do título de  
Bacharel em Fisioterapia

Orientadora: Profa. Dra. Flávia Gomes Martinez

Co-orientadora: Profa. Dra. Adriana Moré Pacheco

Porto Alegre

2016

André Ivaniski Mello

AUTOMATISMOS POSTURAIS ANTECIPATÓRIOS E COMPENSATÓRIOS DURANTE A  
EXECUÇÃO DE ABDUÇÃO E FLEXÃO DE OMBRO COM DIFERENTES CARGAS EM  
AMBIENTE AQUÁTICO

Conceito final:

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Banca examinadora

---

Profa. Dra. Cláudia Tarragô Candotti

---

Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl

---

Orientadora – Profa. Dra. Flávia Gomes Martinez

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a todos os brasileiros que pagam seus impostos e taxas, que possibilitam a promoção e manutenção do ensino público universal. Agradeço de coração, também, aos meus pais e meu irmão por toda proteção, carinho, cuidado e ensinamentos. À Elise Edele Pimentel pelo afeto, companheirismo e cumplicidade. À Profa. Dra. Flávia Gomes Martinez por todos os ensinamentos dentro e fora da sala de aula, pela motivação e incentivo para realização deste trabalho e estímulo à curiosidade incansável. À Prof. Dra. Adriana Moré Pacheco pela colaboração e cooperação para a efetivação deste trabalho. À Renata Fanfa Loureiro Chaves, colega e grande amiga, parceira incomparável, sem ela este trabalho jamais teria sido completado. À Ms. Karen Przybysz Rosa por todo o auxílio e apoio para execução deste e de outros trabalhos. À Natalia Bagatini pela parceria e assistência para realização das coletas de dados. A todos os professores de minha vida escolar, que são inspiração e exemplo, sempre me motivando a ir atrás do conhecimento e desenvolver o olhar crítico da realidade e dos fatos. Aos meus amigos de infância e de faculdade, pela amizade, pelo compartilhamento de experiências e pelas discussões acadêmicas, políticas e de vida.

## RESUMO

**Introdução:** os automatismos posturais são alterações nos níveis de atividade de músculos posturais, visando à estabilização corporal e preservação da postura. No entanto, a literatura sobre o comportamento dos automatismos posturais durante a imersão no ambiente aquático é escassa. **Objetivo:** analisar e comparar a atividade eletromiográfica (EMG) dos automatismos posturais antecipatórios (APAs) e compensatórios (CPAs) durante a realização de movimentos unilaterais de ombro com cargas de peso e arrasto no ambiente aquático por indivíduos saudáveis. **Materiais e métodos:** foi analisada a atividade EMG do APA e do CPA dos músculos eretor espinal, oblíquo interno e glúteo médio bilateralmente. A análise estatística foi realizada por teste t para amostras pareadas ou teste de Wilcoxon, e análise do M-Modos pela análise do componente principal (PCA). O índice de significância adotado foi de  $\alpha < 0,05$ . **Resultados:** não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre os automatismos posturais APA e CPA em nenhum dos exercícios. O APA apresentou maiores valores de atividade EMG na abdução em comparação com a flexão; ao passo que o CPA não demonstrou diferenças estatisticamente significativas entre os movimentos. Os APAs e CPAs tiveram valores significativamente maiores nos movimentos contra força de arrasto do que os com peso. Os movimentos com peso demonstraram padrões paralelos (M-Modos) de ativação e inibição muscular. **Conclusão:** Os exercícios avaliados não apresentaram diferenças entre os automatismos APA e CPA. Ainda, os resultados demonstram que exercícios resistidos pelo arrasto apresentaram maior atividade postural antecipatória e compensatória que os com carga peso.

Palavras-chave: postura; atividade motora; eletromiografia; fisioterapia.

## ABSTRACT

**Introduction:** The postural automatisms are modulations in the activity levels of postural muscles, aiming body stabilization and preservation of posture. However, the literature on the behavior of postural automatisms during immersion in the aquatic environment is scarce. **Objective:** To analyze and compare the electromyographic (EMG) activity of anticipatory (APAs) and compensatory (CPAs) postural automatisms during unilateral shoulder movements with weight and drag loads while in immersion in aquatic environment by healthy individuals. **Materials and methods:** the EMG activity of APAs and CPAs were analyzed from the muscles bilaterally: spinal erector, internal oblique and gluteus medium. Statistical analysis was performed by t test for paired samples or Wilcoxon test, and analysis of M-Modes by principal component analysis (PCA). The significance index adopted was  $\alpha < 0.05$ . **Results:** Statistically significant differences were not detected between the postural automatism APA and CPA in any of the exercises. APA EMG activity showed higher values in the abduction compared with the flexion; whereas the CPA showed no statistically significant differences between the movements. APA and CPA demonstrate higher EMG activity in movements with drag in comparison with those with weight. Movements with weight showed parallel patterns (M Modes) of muscle activation and inhibition. **Conclusions:** The exercises evaluated did not present differences between APA and CPA activity. Still, the results demonstrate that drag load exercises presented higher anticipatory and compensatory postural activity than those with weight load.

Key-words: posture; motor activity; electromyography; physical therapy speciality.

**LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

<b>APA</b>	<b>Automatismo Postural Antecipatório</b>
<b>CM</b>	<b>Centro de Massa</b>
<b>CPA</b>	<b>Automatismo Postural Compensatório</b>
<b>DAI</b>	<b>Deltóide Acromial Ipsilateral</b>
<b>EEC</b>	<b>Eretor Espinal Contralateral</b>
<b>EEI</b>	<b>Eretor Espinal Ipsilateral</b>
<b>EMG</b>	<b>Eletromiografia</b>
<b>Eq</b>	<b>Equação</b>
<b>GMC</b>	<b>Glúteo Médio Contralateral</b>
<b>GMI</b>	<b>Glúteo Médio Ipsilateral</b>
<b>OIC</b>	<b>Oblíquo Interno Contralateral</b>
<b>OII</b>	<b>Oblíquo Interno Ipsilateral</b>
<b>PCA</b>	<b>Análise do Componente Principal</b>
<b>SNC</b>	<b>Sistema Nervoso Central</b>

**SUMÁRIO**

<b>1. APRESENTAÇÃO</b> .....	9
<b>2. ARTIGO</b> .....	10
<b>2.1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2.2. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	11
<b>2.2.1. Sujeitos</b> .....	11
<b>2.2.2. Procedimentos</b> .....	12
<b>2.2.3. Processamento de dados</b> .....	14
<b>2.2.4. Análise estatística</b> .....	16
<b>2.3 RESULTADOS</b> .....	17
<b>2.3.1 Automatismos posturais</b> .....	17
<b>2.3.2 Abdução e flexão</b> .....	17
<b>2.3.3 Peso e arrasto</b> .....	18
<b>2.3.4 M-Modes</b> .....	18
<b>2.4 DISCUSSÃO</b> .....	20
<b>2.4.1 Automatismos antecipatórios e compensatórios</b> .....	21
<b>2.4.2 Abdução e flexão de ombro</b> .....	22
<b>2.4.3 Peso e arrasto</b> .....	23
<b>2.4.4 Limitações do estudo</b> .....	24
<b>2.5 CONCLUSÕES</b> .....	25
<b>2.6 REFERÊNCIAS</b> .....	25
<b>3 ANEXOS</b> .....	31
<b>3.1 NORMAS DA REVISTA BRASILEIRA DE BIOMECÂNICA</b> .....	31

## 1. APRESENTAÇÃO

Este trabalho foi elaborado em um contexto histórico de pesquisa do Grupo de Pesquisa em Comportamento Motor e Fisioterapia Aquática da ESEFID/UFRGS com coordenação da Profa. Dra. Flávia Gomes Martinez. O grupo já vem desenvolvendo há alguns anos uma linha de pesquisa sobre o comportamento dos automatismos posturais durante situações dinâmicas de perturbação corporal. Os estudos realizados até então pelo grupo, porém, foram todos em ambiente seco. A literatura científica, igualmente, possui um escasso aprofundamento sobre os automatismos posturais durante imersão no ambiente aquático.

Neste cenário, minha trajetória pessoal dentro da pesquisa científica, também foi um importante fator para minha decisão de realizar este trabalho. No terceiro semestre de graduação comecei a frequentar o ambiente de produção científica, e, desde então, meu interesse pela pesquisa cresce somente. As áreas de biomecânica e neurofisiologia do corpo humano me fascinam; o estudo do comportamento e controle motor, principalmente.

Dessa maneira, considerando o interesse pessoal do grupo de entender e discutir o comportamento dos automatismos posturais durante a execução de exercícios utilizados na prática clínica de Fisioterapia Aquática, em conjunto com o predomínio hegemônico na literatura científica de estudos sobre o tema somente em ambiente seco e com minha história científica pessoal, foi decidido realizar este trabalho.

Vale ressaltar que os dados apresentados aqui são resultados parciais. Este trabalho relata e discute os dados relativos a três sujeitos; o planejamento é aumentar essa amostra para dez sujeitos ao menos.

Este trabalho está formatado de acordo com as normas da Revista Brasileira de Biomecânica – revista para qual se propõe a submissão do artigo. As normas de formatação encontram-se ao fim do trabalho, em anexo.

## 2. ARTIGO

### 2.1. INTRODUÇÃO

A manutenção de uma postura adequada durante a realização de movimentos voluntários está intimamente relacionada à capacidade de controle do equilíbrio corporal (1). Durante a realização de algum gesto motor, uma das estratégias de preservação do equilíbrio utilizada pelo sistema nervoso central (SNC) são os automatismos posturais (1). Esses automatismos posturais podem ser classificados como automatismos posturais antecipatórios (APAs) ou automatismos posturais compensatórios (CPAs).

Os APAs consistem em modulações da atividade muscular com *onset* previamente à perturbação do centro de massa (CM) e do equilíbrio (1–4). Os CPAs são estratégias motoras para recuperação do controle do equilíbrio após a ocorrência de uma perturbação postural (2,5). Dessa maneira, os automatismos posturais são alterações nos níveis de atividade de músculos posturais, visando à estabilização corporal e preservação da postura frente às diversas perturbações sofridas pelo corpo (1,6). Os automatismos posturais estão relacionados com a magnitude da perturbação (7), velocidade de execução do movimento (8), direção da perturbação ou do movimento (9,10).

A ocorrência dos APAs e CPAs está extensamente descrita na literatura científica em diferentes situações, como de impactos externos previsíveis e imprevisíveis (5,10–13), balanço corporal (14–16), movimentos voluntários de membros superiores (3,6,16–29), movimentos voluntários de membros inferiores (17), marcha (25,29–31).

Os automatismos posturais podem estar alterados em pacientes com patologias neurológicas (17,32,33), e também em idosos (34). Nesse sentido, a fisioterapia aquática, uma especialidade da fisioterapia, atua positivamente sobre a melhora do controle do equilíbrio (35–39) e da postura (40,41); além de promover ganho de força muscular (42) e de atuar efetivamente na prevenção de quedas (36,38,39).

O corpo humano quando imerso em ambiente aquático, devido às características físicas da água e das forças atuantes sobre os corpos em imersão, é sujeito a diferentes efeitos fisiológicos e biomecânicos. Dentre os fatores que influenciam o comportamento biomecânico do movimento e as respostas fisiológicas do organismo no ambiente aquático, destacam-se a força de arrasto, força de empuxo, pressão hidrostática e condutibilidade térmica da água (50).

A força de arrasto é decorrente do fluxo originado pelo movimento de um corpo no meio fluido (51) e é diretamente proporcional à densidade do líquido, à área de seção

transversa frontal, ao coeficiente de arrasto e ao quadrado da velocidade de deslocamento do corpo (53). Essa relação quadrática entre velocidade de deslocamento e força de arrasto atenta para a significativa importância da variável velocidade na resistência do meio aquático sobre o corpo em movimento (54).

Apesar das diferenças físicas e biomecânicas de realização de exercícios no ambiente seco e no ambiente aquático, a literatura sobre o comportamento dos automatismos posturais em ambiente aquático é escassa. Somente um estudo (55) avaliando os automatismos durante imersão no ambiente aquático foi encontrado; o movimento analisado, porém, foi de puxar e empurrar uma barra rígida. Assim, além da literatura sobre automatismos posturais em ambiente aquático não ser extensa, os gestos analisados não são similares com os da prática terapêutica da fisioterapia aquática.

Considerando os efeitos positivos da fisioterapia aquática na reabilitação e melhora do controle de equilíbrio em diferentes populações e condições patológicas, e o escasso cenário na literatura científica de estudos acerca dos automatismos posturais no ambiente aquático, o objetivo do presente estudo foi de analisar e comparar a atividade muscular dos automatismos posturais antecipatórios e compensatórios durante a realização de exercícios de abdução unilateral e flexão unilateral de ombro com cargas de peso e arrasto no ambiente aquático por indivíduos saudáveis.

## **2.2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Este foi um estudo quantitativo de delineamento *ex post facto* comparativo (56), aprovado no Comitê de Ética da universidade onde foi realizado (n° 30155).

### **2.2.1. Sujeitos**

A amostra foi composta por 3 sujeitos ( $23,6 \pm 1,1$  anos,  $177,6 \pm 6,5$  cm,  $74,6 \pm 11,0$  kg) do sexo masculino, adaptados ao ambiente aquático, fisicamente ativos e aparentemente saudáveis. Os critérios de exclusão estabelecidos foram: lesões musculoesqueléticas nos últimos 6 meses, dores musculoesqueléticas, acometimentos neurológicos, cirurgias abdominais e da coluna vertebral, hidrofobia, incontinência urinária/fecal, feridas abertas, vertigem, disfunções vestibulares ou qualquer outro fator que limite a prática de exercícios aquáticos, e consumo de medicamento com ação sobre o SNC.

### 2.2.2. Procedimentos

As coletas foram realizadas em uma piscina com dimensões de 16 m X 6 m e profundidade variável entre 1 m e 1,3 m com temperatura da água de 32 °C. As coletas foram realizadas em dois dias distintos, com, pelo menos, sete dias de intervalo entre eles. No primeiro dia, os sujeitos chegavam ao local de coleta e liam e assinavam o termo de consentimento livre e esclarecido. Então, eram coletados os dados de antropometria de altura e massa dos sujeitos. Em seguida, foi realizado um protocolo para determinação das cargas a serem utilizadas por cada sujeito, em cada exercício.

Para a execução dos exercícios com halter, foi determinada a carga relativa a 10 repetições máximas (RM) para o movimento. Enquanto para os exercícios resistidos pelo arrasto, a velocidade de movimento foi determinada da seguinte forma: cada sujeito deveria realizar 3 tentativas de 10 repetições de cada movimento no menor tempo possível, ou seja, na maior velocidade. Foi respeitado um intervalo de repouso de 5 minutos entre cada tentativa, a fim de evitar os efeitos de fadiga. A tentativa em que o sujeito conseguisse realizar as 10 repetições com o menor tempo de execução foi selecionada. A partir desse valor de tempo, foi calculada a frequência de execução do movimento. E, no segundo dia de coleta, o sujeito seguiu a frequência determinada de execução do movimento, por meio de estímulo sonoro de um metrônomo.

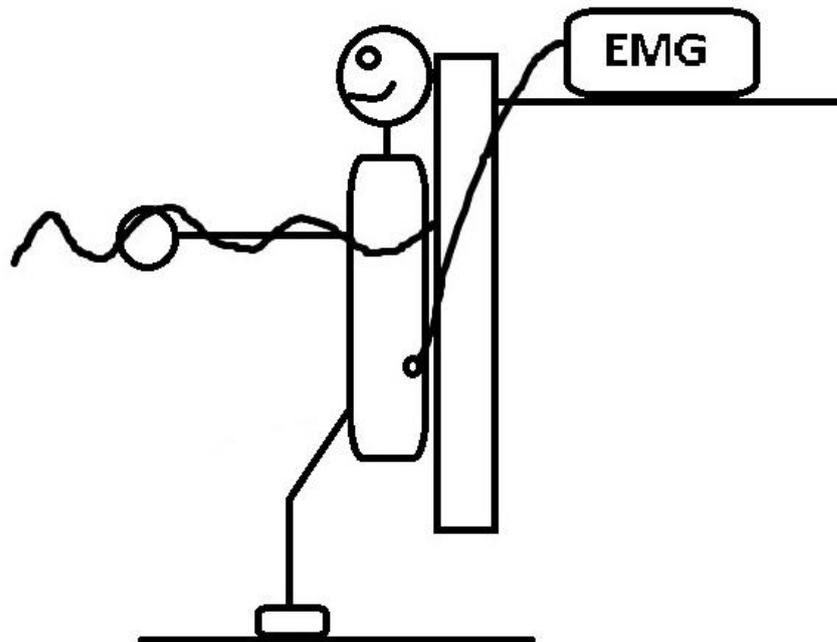
No segundo dia, os sujeitos eram preparados para a coleta de eletromiografia, por meio de tricotomia, assepsia com álcool e abrasão da pele, previamente à colocação dos eletrodos (57). Foram utilizados eletrodos de configuração bipolar da marca Meditrace (Tyco/Kendall, USA), com 10 mm de raio de área condutora, 30 mm de raio total. Os eletrodos foram aplicados a uma distância de 10 mm entre seus centros, e posicionados sobre os ventres dos músculos de acordo com as normas de SENIAM, Bressel et al. (58) e Keshner et al. (59). Um eletrodo de referência foi colocado sobre a clavícula. Em seguida, os eletrodos e cabos do eletromiógrafo foram isolados, a fim de evitar o contato direto da água (60). O isolamento foi realizado com o posicionamento de adesivos impermeáveis (Tegaderm, 3M, St. Paul, Minnesota, EUA) sobre os eletrodos. Cola de silicone foi aplicada na região de saída dos cabos por debaixo do adesivo impermeável, a fim de prevenir entrada de água. Os cabos foram presos à pele com fita adesiva, para evitar sua movimentação e consequente interferência sobre o sinal EMG.

O sinal EMG bruto foi coletado por dois eletromiógrafos (Miotool400, MIOTEC, Porto Alegre, Brasil) de quatro canais cada, amplificado a um ganho de 500, com frequência de amostragem de 2000 Hz, e razão de rejeição-comum de 110 dB. Os músculos analisados foram: eretor espinhal ipsilateral (EEI), eretor espinhal contralateral (EEC), glúteo médio ipsilateral (GMI), glúteo médio contralateral (GMC), oblíquo interno ipsilateral (OII), oblíquo interno contralateral (OIC), e deltoide acromial ipsilateral (DAI). A denominação ipsilateral e contralateral foi dada em relação ao membro superior de execução do exercício.

Todos os exercícios foram realizados durante a imersão no ambiente aquático. Os exercícios avaliados foram abdução e flexão unilaterais de ombro, ambos em duas situações de carga: com halter (exercício resistido predominantemente pelo peso) e com implemento resistivo com grande área frontal (exercício resistido predominantemente pelo arrasto). Dessa maneira, os exercícios realizados foram denominados: abdução peso, abdução arrasto, flexão peso, flexão arrasto. Os sujeitos realizaram 10 repetições de cada exercício. Todos os exercícios foram realizados com o membro superior dominante; exceto o exercício de abdução peso de um dos sujeitos, por dificuldade de aquisição do sinal EMG do músculo agonista do movimento no membro superior direito.

Os exercícios foram executados em ortostase, em imersão até a altura dos ombros (figura 1). Devido à profundidade máxima da piscina de coleta não ter sido suficiente para manter um nível de imersão nos ombros dos sujeitos com extensão completa de membros inferiores, foi adotada uma postura de flexão joelhos e quadris (semi-agachamento). Foi requisitado, ainda, que os sujeitos mantivessem um leve apoio do sacro sobre a parede da piscina durante a execução dos exercícios, visto esta ser uma postura corriqueiramente adotada na prática clínica de fisioterapia aquática.

A ordem de execução dos exercícios foi determinada de maneira aleatória, por meio de sorteio. O intervalo de repouso entre as séries foi de 2 minutos. As cargas utilizadas para execução dos exercícios nas situações peso e arrasto foram aquelas determinadas no primeiro dia de coleta. Antes de iniciar a coleta, os sujeitos realizaram um aquecimento global com corrida estacionária por 3 minutos, e aquecimento específico executando os movimentos de abdução e flexão de ombro em baixas velocidades com o implemento resistivo. Após a coleta, os sujeitos foram instruídos a realizar alongamentos dos grupos musculares utilizados.



**Figura 1.** Representação esquemática da situação experimental de um sujeito realizando flexão unilateral de ombro com halter

### 2.2.3. Processamento de dados

O sinal EMG bruto foi transferido e salvo em um computador portátil. Em seguida, os dados EMG foram tratados no programa de processamento de dados SAD 32 (UFRGS; Porto Alegre, Brasil). O sinal EMG bruto foi tratado com filtro *Butterworth* passa banda de 20 Hz a 500 Hz, 2° ordem; retificado por *full-wave* e, então, filtrado com filtro *Butterworth* passa baixa de 50 Hz, 2° ordem (13). O sinal EMG bruto do músculo agonista foi tratado com *Butterworth* passa banda de 20 Hz a 500 Hz, 2° ordem; envelopado com envelope RMS *Hamming* em janelas de 0,2 s.

O início do movimento focal ( $t_0$ ) foi determinado pelo aumento na atividade do músculo agonista (DAI) do movimento, conforme protocolo de Stewhart (2). A atividade de base do agonista foi determinada visualmente em um período de 1,0 s que o músculo estava relaxado antes de iniciar a série de exercícios. O *onset* muscular ( $t_0$ ) foi definido como a variação de  $\pm 2$  desvios padrões, por pelo menos 50 ms, sobre a atividade EMG de base do músculo (5,12). O  $t_0$  foi determinado para cada uma das 10 repetições de cada um dos movimentos, ou seja, cada repetição de cada exercício teve seu  $t_0$  definido.

A partir da determinação do t0 de cada repetição, foram realizados os recortes do sinal EMG em relação ao t0. Assim, foram calculadas as integrais (∫EMG) dos recortes das janelas de tempo da atividade de base (AtivB) (-1000 ms a -850 ms) (13), tempo APA (-100 ms a +50 ms) e CPA (+50 ms a +250 ms) (61) dos músculo posturais.

A atividade de base dos músculos foi calculada somente antes da primeira repetição de cada série de exercício. A atividade EMG do APA foi obtida no intervalo de tempo de -100 ms até +50 ms; tendo em vista que 50 ms é o tempo de latência considerado para o reflexo monossináptico miotático, o mecanismo mais rápido por *feedback* para produção de movimento. Esse seria, portanto, o limite máximo que se pode assumir que ocorre atividade somente por ajustes por *feedforward* (2).

A normalização da atividade EMG (Eq. 1) nos tempos APA e CPA dos músculos estabilizadores foi obtida por meio da subtração da ∫APA e ∫CPA pela ∫AtivB, e o resultado dividido pela maior atividade (Máx∫APA e Máx∫CPA) apresentada pelo músculo no tempo de automatismo postural em questão (APA ou CPA) em todas as repetições de todos os exercícios para cada sujeito individualmente (9,12,62). Dessa maneira, a ∫APA e ∫CPA normalizadas (∫APAnorm e ∫CPAnorm) apresentaram valores de -100% a +100% (%EMG).

### Eq. 1 - Normalização da atividade EMG

$$\int APAnorm = \frac{\int APA - \int AtivB}{Máx\int APA}$$

A fim de identificar grupos musculares com padrões paralelos de alteração no seu nível de atividade EMG, foi realizada a Análise do Componente Principal (PCA). A PCA é um método de análise da estrutura de variação dentre uma combinação de elementos motores (63), neste caso, a atividade EMG. A PCA consiste em extrair componentes principais de uma série de dados (64); representando, assim, um complexo conjunto de dados em componentes mais simples. Assim, a PCA possibilita a identificação de uma menor série de combinações lineares dos dados originais, o que alguns autores referem como sinergias musculares (65).

No entanto, apesar de alguns autores denominarem os resultados de combinação lineares diretamente obtidos por meio do método PCA como sinergias musculares, o

presente estudo terá o cuidado de não referir-se aos *M-Modes* (ver abaixo) como tais. Consideramos que um padrão de controle motor sinérgico seja muito mais complexo e dinâmico que o decorrente da análise da atividade EMG de três músculos bilateralmente. Adotamos a definição de sinergia como uma organização neural de um sistema de múltiplos elementos que visa à organização compartilhada de uma tarefa entre uma série de variáveis elementares, e, também, que controla a co-variação dessas variáveis elementares com o objetivo de estabilizar variáveis de desempenho (65). Assim sendo, reconhecemos a limitação do estudo de não haver coletado dados relativos a nenhuma variável de desempenho da tarefa, como CM, velocidade angular articular, centro de pressão etc. Portanto, evitaremos nomear os *M-Modes* como sinônimo de sinergia muscular.

No presente estudo, foram obtidos grupos musculares com padrões paralelos de ativação/inibição, denominados *Muscle-Modes (M-Modes)* (13,65), a partir dos valores  $JAPAnorm$  e  $JCPAnorm$  das dez repetições de todos os sujeitos de cada exercício. Os valores de  $JAPAnorm$  e  $JCPAnorm$  de cada exercício de todas as repetições de todos os sujeitos foram computados e dispostos em uma matriz. Os componentes principais de cada exercício foram determinados com base em seus autovalores (*eigenvalues*) e por inspeção visual dos gráficos. Os componentes principais foram submetidos à rotação *Varimax* com extração de fator. Os fatores extraídos foram então denominados *M-Modes*. Somente tiveram os *M-Modes* analisados aqueles exercícios com valor estatisticamente significativo no teste de Esfericidade de Bartlett da sua matriz de correlação. Os valores de *loading* maiores que 0,5 foram considerados como ativação ou inibição significativa (13).

#### **2.2.4. Análise estatística**

Os dados de EMG estão apresentados em média e desvio padrão. A homogeneidade dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. Foi utilizado o teste t para amostras pareadas (dados paramétricos) ou o teste de Wilcoxon (dados não paramétricos) para: comparar a atividade EMG entre os automatismos posturais (APA e CPA) ao longo de todos os exercícios; comparar a atividade de cada automatismo entre os diferentes exercícios (abdução e flexão) e entre as diferentes cargas (peso e arrasto). O pacote

estatístico SPSS v. 20 (SPSS, Inc., Chicago, EUA) foi utilizado. O índice de significância adotado foi de  $\alpha < 0,05$ .

Na realização da PCA, foram obtidos grupos musculares com padrões paralelos de ativação/inibição, denominados *Muscle-Modes (M-Modes)* (13,65), a partir dos valores  $JAPAnorm$  e  $JCPAnorm$  das dez repetições de todos os sujeitos de cada exercício. Os valores de  $JAPAnorm$  e  $JCPAnorm$  de cada exercício de todas as repetições de todos os sujeitos foram computados e dispostos em uma matriz. Os componentes principais de cada exercício foram determinados com base em seus autovalores (*eigenvalues*) e por inspeção visual dos gráficos. Os componentes principais foram submetidos à rotação *Varimax* com extração de fator. Os fatores extraídos foram então denominados *M-Modes*. Somente tiveram os *M-Modes* analisados aqueles exercícios com valor estatisticamente significativo no teste de Esfericidade de Bartlett da sua matriz de correlação. Os valores de *loading* maiores que 0,5 foram considerados como ativação ou inibição significativa (13).

## 2.3 RESULTADOS

### 2.3.1 Automatismos posturais

Na comparação da atividade EMG entre os automatismos posturais APA e CPA (figura 2), não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas em nenhum dos exercícios: abdução peso ( $z = -1,802$ ,  $p = 0,072$ ) ( $15,9 \pm 21,2$  vs  $19,1 \pm 24,2$ ) (APA vs. CPA, em %EMG, em média e desvio padrão); abdução arrasto ( $t(149) = 1,454$ ,  $p = 0,148$ ) ( $26,5 \pm 31,1$  vs  $23,2 \pm 29,7$ ); flexão peso ( $z = -0,368$ ,  $p = 0,713$ ) ( $12,4 \pm 21,3$  vs  $13,7 \pm 18,2$ ); flexão arrasto ( $z = -1,756$ ,  $p = 0,079$ ) ( $25,3 \pm 32,8$  vs  $29,6 \pm 32,8$ ).

### 2.3.2 Abdução e flexão

Comparando a atividade de cada automatismo entre os diferentes exercícios (figura 3), o APA apresentou maiores valores de atividade EMG no movimento de abdução em comparação com o de flexão ( $z = -2,465$ ,  $p = 0,014$ ) ( $21,5 \pm 27,3$  vs  $19,0 \pm 28,4$ ) (abdução vs. flexão); ao passo que o CPA não demonstrou diferenças estatisticamente significativas entre os exercícios ( $z = -1,225$ ,  $p = 0,221$ ) ( $21,1 \pm 27,0$  vs  $21,8 \pm 27,7$ ).

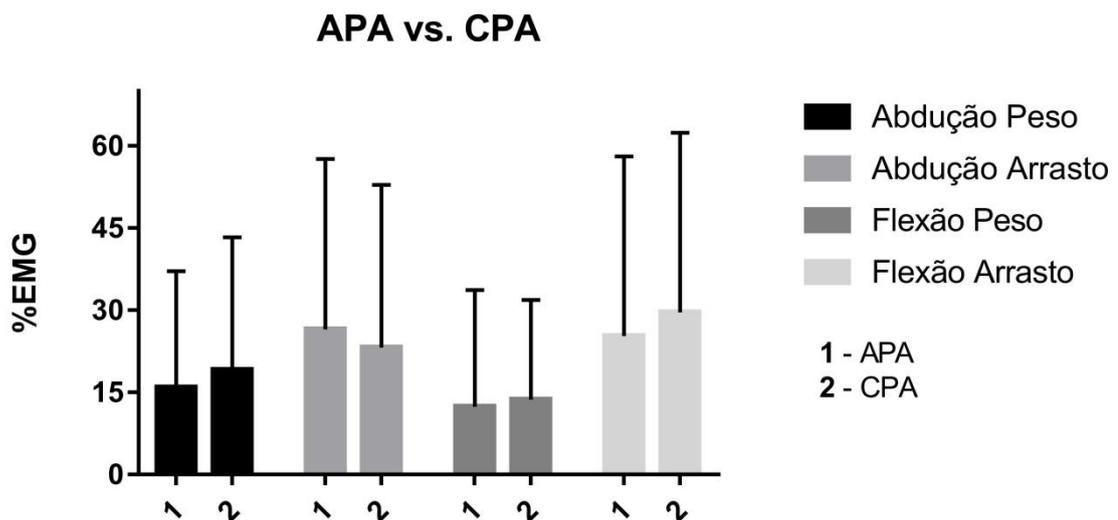
### 2.3.3 Peso e arrasto

Na comparação da atividade de cada automatismo entre as diferentes cargas (figura 4), os movimentos realizados com resistência pelo arrasto apresentaram valores de atividade EMG mais elevados que os de carga peso, tanto no APA ( $z = -6,528$ ,  $p = <0,001$ ) ( $14,1 \pm 21,3$  vs  $26,2 \pm 32,1$ ) (peso vs. arrasto), quanto no CPA ( $z = -5,852$ ,  $p = <0,001$ ) ( $16,3 \pm 21,4$  vs  $26,7 \pm 31,5$ ).

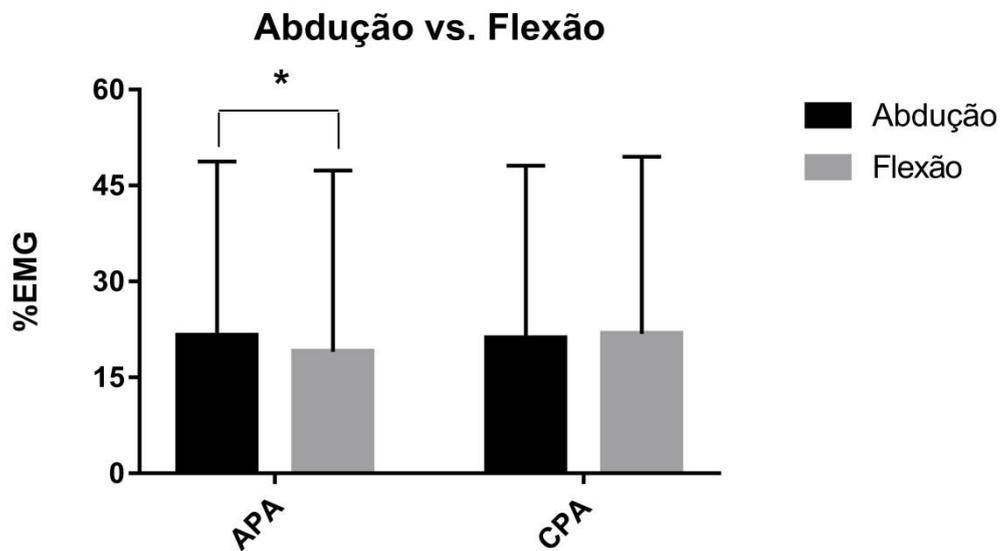
### 2.3.4 M-Modes

Os exercícios abdução arrasto e flexão arrasto não apresentaram valores estatisticamente significativos no teste de Esfericidade de Bartlett; portanto, não foi realizada a análise de seus M-Modes (Tabela 1).

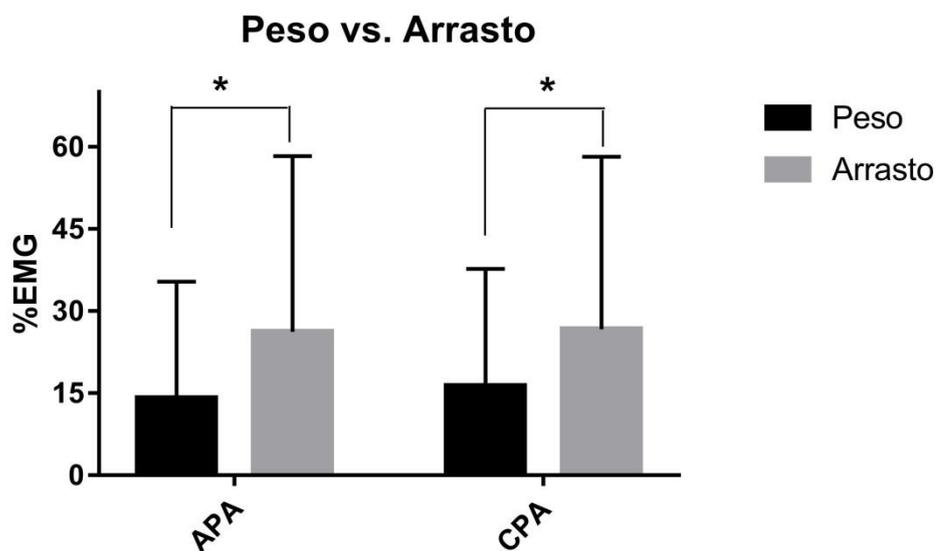
No exercício abdução peso, os dois M-Modes foram responsáveis por 50,5% da variação total da atividade muscular; ainda, pode-se perceber um padrão de ativação do OII e GMI com inibição do EEI e GMC (M1-Mode), e de ativação do EEC com inibição do OIC (M2-Mode). No exercício flexão peso, os dois M-Modes foram responsáveis por 55,6% da variação total da atividade muscular; nota-se um padrão de ativação do EEI e GMC com inibição do OII e OIC (M1-Mode), e de ativação do EEC e GMI (M2-Mode).



**Figura 2.** Gráfico comparando as atividades eletromiográficas do APA e CPA nas quatro condições. %EMG: valor normalizado da integral EMG.



**Figura 3.** Gráfico comparando as atividades eletromiográficas do APA e CPA entre os exercícios de abdução e flexão. %EMG: valor normalizado da integral EMG. \*: diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ).



**Figura 4.** Gráfico comparando as atividades eletromiográficas do APA e CPA entre as cargas de peso e arrasto. %EMG: valor normalizado da integral EMG. \*: diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 1.** Resultados da análise do componente principal. Os valores maiores que 0,5 estão em destaque, considerando que representam ativação (positivo) ou inibição (negativo) significativas da atividade muscular EMG. Músculos: eretor espinhal ipsilateral (EEI), eretor espinhal contralateral (EEC), glúteo médio ipsilateral (GMI), glúteo médio contralateral (GMC), oblíquo interno ipsilateral (OII), oblíquo interno contralateral (OIC).

	Abdução Peso		Flexão Peso	
	<i>M1-Mode</i>	<i>M2-Mode</i>	<i>M1-Mode</i>	<i>M2-Mode</i>
EEI	<b>-0,761</b>	0,108	<b>0,696</b>	0,185
EEC	0,068	<b>0,662</b>	0,169	<b>0,691</b>
GMI	<b>0,550</b>	0,388	0,123	<b>0,748</b>
GMC	<b>-0,564</b>	0,388	<b>0,711</b>	0,237
OII	<b>0,742</b>	0,486	<b>-0,748</b>	0,458
OIC	0,035	<b>-0,538</b>	<b>-0,597</b>	-0,222

## 2.4 DISCUSSÃO

Esse estudo avaliou os automatismos posturais APA e CPA de músculos estabilizadores do tronco e de membros inferiores, durante a execução de movimentos voluntários unilaterais de ombro, com cargas de peso e arrasto, em postura ortostática em imersão no ambiente aquático.

A comparação entre as diferentes situações permite que algumas questões sejam ressaltadas: 1) os automatismos posturais APA e CPA não apresentaram diferenças estatisticamente significativas de atividade EMG entre si em nenhuma das condições avaliadas; 2) os movimentos resistidos pelo arrasto apresentaram maior atividade EMG antecipatória e compensatória que os movimentos com peso de halter; 3) os movimentos de abdução de ombro demonstraram uma maior atividade EMG antecipatória que os movimentos de flexão; 4) foi possível observar padrões de ativação e inibição em

paralelos entre diferentes músculos nos exercícios com carga peso. Os três primeiros pontos serão discutidos separadamente abaixo, enquanto o último tópico será apresentado ao longo da discussão, permeando os outros itens.

#### **2.4.1 Automatismos antecipatórios e compensatórios**

Diversos estudos já descreveram a ocorrência de APAs e CPAs durante a execução de movimentos voluntários com os membros superiores. A maioria dos estudos, no entanto, analisou esses automatismos em situações no ambiente seco (3,6,16–29), enquanto somente um estudo encontrado analisou esses automatismos em ambiente aquático (55). Dietz e Colombo (55) descreveram a atividade postural antecipatória de músculos flexores e extensores de membros superiores e inferiores durante a tarefa de empurrar e puxar uma barra rígida em diferentes níveis de imersão em água. O movimento de empurrar foi precedido por uma ativação do tibial anterior; enquanto o movimento de puxar foi precedido por uma ativação do músculo gastrocnêmio. No entanto, os autores relataram uma maior influência da imersão sobre a atividade dos músculos extensores, com atenuação linear da atividade antecipatória do músculo gastrocnêmio de acordo com o nível de imersão. Assim, os músculos extensores parecem ter sofrido maior influência de sua atividade postural devido à redução do peso hidrostático pela ação da força de empuxo, apresentando uma menor atividade muscular com o aumento da imersão.

Os dados do presente estudo também demonstram atividade antecipatória de músculos posturais durante a realização de movimentos voluntários no ambiente aquático. As diferenças entre este estudo e o de Dietz e Colombo (55) residem, principalmente, no fato de aquele haver analisado a atividade de músculos do tronco e da cintura pélvica, avaliado a atividade compensatória CPA, e o movimento voluntário de membro superior aqui analisado aproximar-se mais com os realizados na prática de fisioterapia aquática.

Apesar do presente estudo não haver detectado diferenças estatisticamente significativas de atividade muscular entre o APA e o CPA em nenhum dos exercícios realizados, é possível perceber que os músculos analisados apresentaram tanto atividade antecipatória, quanto compensatória, em todos os exercícios. Essa incapacidade de detectar diferenças na atividade antecipatória da compensatória pode ter ocorrido pela

amostra reduzida de sujeitos; talvez um maior número amostral proporcionasse uma quantidade de dados adequada para detectar as diferenças de atividade muscular postural entre o APA e o CPA.

Ainda, outra possibilidade para essa ausência de diferença de atividade postural entre o APA e CPA pode ser devido ao ambiente instável que a água proporciona quando o corpo está em imersão. A imprevisibilidade dos vetores das forças de pressão e de cisalhamento (53) da água podem ter provocado alterações das atividades dos músculos estabilizadores; minimizando, assim, as diferenças entre as atividades posturais antecipatórias e compensatórias encontradas em situações de perturbação do CM em ambiente seco (66), onde o corpo sofre maior influência da força da gravidade.

#### **2.4.2 Abdução e flexão de ombro**

O movimento de abdução apresentou atividade muscular significativamente maior que o de flexão de ombro no tempo APA (Figura 3). Isso ocorreu, provavelmente, pelo movimento de flexão de ombro acontecer no plano sagital, ao passo que o movimento de abdução de ombro dá-se no plano coronal. Esse padrão cinemático distinto entre os exercícios pode ter implicado forças desestabilizadoras diferentes sobre o CM; exigindo, dessa forma, padrões de modulações da atividade EMG diversos por parte do SNC. A assimetria do polígono de sustentação também pode ter sido um fator com influência sobre uma maior atividade postural antecipatória na abdução, considerando que os sujeitos se posicionavam com os pés paralelos.

Outros estudos já relataram a especificidade dos automatismos posturais de acordo com a direção da perturbação. Aruin & Latash (9) avaliaram a atividade antecipatória dos músculos do tronco e membros inferiores durante a realização de movimentos bilaterais rápidos de ombro em diferentes direções de flexão, abdução e extensão. Os autores perceberam uma maior atividade antecipatória dos músculos anteriores nos movimentos de extensão, enquanto os músculos posteriores apresentaram uma maior atividade nos movimentos de flexão. Resultados semelhantes aos encontrados no presente estudo, com o padrão de ativação do EEI e inibição dos músculos OII e OIC no exercício de flexão peso (tabela 1).

Santos e Aruin (10) avaliaram os APAs de sujeitos submetidos a perturbações de diferentes direções, nos planos sagital, coronais e oblíquos. Os autores descreveram que a mudança na direção da perturbação interferiu no comportamento dos APAs dos

músculos avaliados. Os músculos eretores espinais foram ativados nas perturbações coronais ipsilaterais respectivas, e inibidos em todas as outras condições. Distinto dos achados do presente estudo, em que os *M-Modes* (Tabela 1) demonstram uma inibição do EEI e ativação do EEC no exercício de abdução unilateral com peso, o que parece ser coerente com a tendência de inclinação ipsilateral de tronco que esse movimento provoca. Ainda, Santos e Aruin (10) relataram que os músculos abdominais e glúteos médios foram ativados em todas as situações de perturbação. Enquanto os resultados do presente estudo demonstram inibição do OIC na abdução e dos OII e OIC na flexão peso; e inibição do GMC na abdução peso (Tabela 1).

Essa diferença entre os achados pode ser devido à natureza da perturbação de cada estudo. Santos e Aruin (10) avaliaram a atividade postural frente a uma perturbação externa por um pêndulo, que deslocava o CM na direção oposta do impacto; enquanto o presente estudo analisou as respostas posturais em decorrência de movimentos voluntários de membro superior, que induziram a um deslocamento do CM na mesma direção do segmento em movimento.

### **2.4.3 Peso e arrasto**

Durante a realização de movimentos voluntários rápidos com o membro superior em ortostase, existem duas fontes de perturbação do equilíbrio corporal (9). A primeira decorre da alteração da projeção do centro de gravidade pela mudança na geometria corporal. A segunda está relacionada às forças reativas nas diversas articulações corporais induzidas pelo movimento rápido do membro superior. Dessa maneira, pode-se explicar a razão de os exercícios resistidos pelo arrasto apresentarem atividade muscular postural no APA e CPA significativamente maior que os exercícios com carga peso.

Os exercícios resistidos predominantemente pela força de arrasto caracterizam-se por sua resistência ser relacionada, principalmente, à velocidade de execução do movimento, conforme a equação geral dos fluidos demonstra (ver Introdução). Ainda, os exercícios resistidos pelo arrasto podem ter promovido um maior deslocamento da água da piscina, aumentando a velocidade das moléculas de água ao redor do sujeito, e, assim, ocasionando uma maior perturbação do CM pelo fluido em movimento. O sistema postural pode, portanto, ter sido exigido de maneira mais vigorosa para estabilizar o corpo durante a execução dos movimentos rápidos de arrasto do que os realizados com carga de peso.

Aruin e Latash (7) avaliaram a atividade antecipatória de músculos anteriores e posteriores de tronco e membros inferiores durante a execução de extensão horizontal bilateral de ombros com diferentes magnitudes de perturbação. Os autores relataram uma boa relação da magnitude de perturbação com a intensidade da ativação dos músculos reto femoral e tibial anterior, e com a intensidade de inibição dos músculos eretor espinal e bíceps femoral. O presente estudo não avaliou separadamente a atividade dos músculos anteriores (OII e OIC) e posteriores (EEI e EEC), e os movimentos analisados foram cinematicamente distintos do estudo de Aruin e Latash (7); os resultados, porém, demonstram que a atividade postural antecipatória e compensatória dos músculos como um todo foi maior na carga arrasto. O que poderia significar, portanto, uma maior magnitude de perturbação ao equilíbrio nessa condição de exercício.

Mochizuki et al. (8) analisaram a atividade postural antecipatória e compensatória dos músculos dos membros inferiores durante a realização de flexão de ombro unilateral em diferentes velocidades. Os autores perceberam que a maioria dos músculos anteriores apresentou um padrão de aumento na sua atividade postural de acordo com o aumento da velocidade de execução do movimento. Ao passo que os músculos posteriores demonstraram um padrão mais complexo de alteração na sua atividade postural. Lee et al. (67) demonstraram uma boa correlação entre o aumento da atividade antecipatória do EEI e a aceleração do membro superior durante a execução de flexão unilateral de ombro. Os achados desses autores corroboram, em parte, com os resultados do presente estudo; visto que foi detectada atividade significativamente maior antecipatória e compensatória nos exercícios resistidos pelo arrasto (i.e. velocidade).

#### **2.4.4 Limitações do estudo**

Algumas mudanças do desenho metodológico deste tipo de estudo podem ser adotadas em futuras oportunidades, a fim de permitir uma análise mais profunda e detalhada do comportamento dos automatismos posturais durante a realização de movimentos voluntários em ambiente aquático: maior número de sujeitos da amostra; maior quantidade de músculos avaliados e de diferentes regiões do corpo; realização de movimentos em diferentes posturas; maior número de recorte de janelas de tempo da atividade postural EMG.

## 2.5 CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo foi analisar e comparar a atividade eletromiográfica dos automatismos posturais APA e CPA durante a realização de movimentos voluntários unilaterais de membro superior em duas situações de carga, peso e arrasto, em imersão no ambiente aquático. Os principais achados foram: não houve diferenças estatisticamente significativas entre atividade muscular antecipatória da compensatória em nenhum dos exercícios; o automatismo APA foi significativamente maior no movimento abdução que na flexão; os exercícios com carga arrasto tiveram atividade postural maior que os exercícios com carga peso tanto no APA, quanto no CPA; os exercícios com carga peso demonstraram padrões paralelos de ativação e inibição entre os músculos analisados.

Dessa maneira, os resultados demonstram que exercícios voluntários de membro superior realizados em imersão no ambiente aquático desencadeiam atividade muscular postural antecipatória e compensatória do tronco e cintura pélvica. Ainda, essa atividade postural varia em intensidade e coordenação de ativação/inibição muscular de acordo com a carga utilizada e movimento realizado.

Os resultados deste estudo colaboram com a prática clínica da fisioterapia aquática, no sentido de que fornecem evidências da existência de automatismos posturais durante a execução de exercícios de membros superiores utilizados na clínica. E, também, ressaltam a importância dos exercícios realizados contra a força de arrasto, considerando que foram os movimentos com maior atividade postural.

## 2.6 REFERÊNCIAS

1. Massion J. Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination. *Prog Neurobiol.* 1992;38:35–56.
2. Berg WP, Strang AJ. The role of electromyography (EMG) in the study of Anticipatory Postural Adjustments. In: Steele C, editor. *Applications of EMG in Clinical and Sports Medicine.* InTech; 2012. p. 412.
3. Kanekar N, Santos MJ, Aruin AS. Anticipatory postural control following fatigue of postural and focal muscles. *Clin Neurophysiol.* 2008;119(10):2304–13.

4. Juras G, Slomka K. Anticipatory postural adjustments in dart throwing. *J Hum Kinet.* 2013;37:39–45.
5. Santos MJ, Kanekar N, Aruin AS. The role of anticipatory postural adjustments in compensatory control of posture: 2. biomechanical analysis. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010;20(3):398–405.
6. Aruin AS, Latash ML. The role of motor action in anticipatory postural adjustments studied with self-induced and externally triggered perturbations. *Exp Brain Res.* 1995;106:291–300.
7. Aruin AS, Latash ML. Anticipatory postural adjustments during self-initiated perturbations of different magnitude triggered by a standard motor action. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol - Electromyogr Mot Control.* 1996;101(6):497–503.
8. Mochizuki G, Ivanova TD, Garland SJ. Postural muscle activity during bilateral and unilateral arm movements at different speeds. *Exp Brain Res.* 2004;155:352–61.
9. Aruin AS, Latash ML. Directional specificity of postural muscles in feed-forward postural reactions during fast voluntary arm movements. 1995;323–32.
10. Santos MJ, Aruin AS. Role of lateral muscles and body orientation in feedforward postural control. *Exp Brain Res.* 2008;185:547–59.
11. Krishnan V, Aruin AS, Latash ML. Two stages and three components of the postural preparation to action. *Exp Brain Res.* 2011;212(1):47–63.
12. Mohapatra S, Krishnan V, Aruin AS. Postural control in response to an external perturbation: effect of altered proprioceptive information. *Exp Brain Res.* 2012;217(2):197–208.
13. Krishnan V, Latash ML, Aruin AS. Early and late components of feed-forward postural adjustments to predictable perturbations. *Clin Neurophysiol.* 2012;123:1016–26.
14. Klous M, Mikulic P, Latash ML. Early postural adjustments in preparation to whole-bodyvoluntary sway. *J Electromyogr Kinesiol.* 2012;22(1):110–6.
15. Krishnamoorthy V, Latash ML, Scholz JP, Zatsiorsky VM. Muscle synergies during shifts of the center of pressure by standing persons. *Exp Brain Res.* 2003;152:281–92.
16. Klous M, Mikulic P, Latash ML. Two aspects of feedforward postural control: anticipatory postural adjustments and anticipatory synergy adjustments. *J Neurophysiol.* 2011;105:2275–88.
17. Dickstein R, Shefi S, Marcovitz E, Villa Y. Anticipatory postural adjustment in selected trunk muscles in poststroke hemiparetic patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85:261–7.

18. Dietz V, Kowalewski R, Nakazawa K, Colombo G. Effects of changing stance conditions on anticipatory postural adjustment and reaction time to voluntary arm movement in humans. *J Physiol.* 2000;524(2):617–27.
19. Friedli WG, Hallett M, Simon SR. Postural adjustments associated with rapid voluntary arm movements 1. Electromyographic data. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1984;47(6):611–22.
20. Fujiwara K, Toyama H, Kunita K. Anticipatory activation of postural muscles associated with bilateral arm flexion in subjects with different quiet standing positions. *Gait Posture.* 2003;17(3):254–63.
21. Jacobs J V, Henry SM, Nagle KJ. Low back pain associates with altered activity of the cerebral cortex prior to arm movements that require postural adjustment. *Clin Neurophysiol.* 2010;121(3):431–51.
22. Kubicki A, Bonnetblanc F, Petrement G, Ballay Y, Mourey F. Delayed postural control during self-generated perturbations in the frail older adults. *Clin Interv Aging.* 2012;7:65–75.
23. Mezaour M, Yiou E, Le Bozec S. Effect of lower limb muscle fatigue on anticipatory postural adjustments associated with bilateral-forward reach in the unipedal dominant and non-dominant stance. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(6):1187–97.
24. Morris SL, Alisson GT. Effects of abdominal muscle fatigue on anticipatory postural adjustments associated with arm raising. *Gait Posture.* 2006;24:342–8.
25. Yiou E, Schneider C, Roussel D. Coordination of rapid stepping with arm pointing: Anticipatory changes and step adaptation. *Hum Mov Sci.* 2007;26:357–75.
26. Slijper H, Latash ML, Mordkoff JT. Anticipatory postural adjustments under simple and choice reaction time conditions. *Brain Res.* 2002;924:184–97.
27. Strang AJ, Berg WP. Fatigue-induced adaptive changes of anticipatory postural adjustments. *Exp Brain Res.* 2007;178:49–61.
28. Tsao H, Hodges PW. Immediate changes in feedforward postural adjustments following voluntary motor training. *Exp Brain Res.* 2007;181:537–46.
29. Tsao H, Hodges PW. Persistence of improvements in postural strategies following motor control training in people with recurrent low back pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18:559–67.
30. Cau N, Cimolin V, Galli M, Precilios H, Tacchini E, Santovito C, et al. Center of pressure displacements during gait initiation in individuals with obesity. *J Neuroeng Rehabil.* 2014;11(82).
31. Rogers MW, Kennedy R, Palmer S, Pawar M, Reising M, Martinez KM, et al. Postural preparation prior to stepping in patients with Parkinson's disease. *J Neurophysiol.* 2011;106(2):915–24.

32. Aruin AS, Kanekar N, Lee Y. Anticipatory and compensatory postural adjustments in individuals with multiple sclerosis in response to external perturbations. *Neurosci Lett*. 2015;591:182–6.
33. Sousa ASP, Silva A, Santos R. Ankle anticipatory postural adjustments during gait initiation in healthy and post-stroke subjects. *Clin Biomech*. 2015;30(9):960–5.
34. Kanekar N, Aruin AS. The effect of aging on anticipatory postural control. *Exp Brain Res*. 2014;232:1127–36.
35. Bruni BM, Granado FB, Prado RA. Avaliação do equilíbrio postural em idosos praticantes de hidroterapia em grupo. *O mundo da saúde*. 2008;32(1):56–63.
36. Da Cunha MF, Lazzareschi L, Gantus MC, Suman MR, da Silva A, Parizi CC, et al. A influência da fisioterapia na prevenção de quedas em idosos na comunidade: estudo comparativo. *Motriz*. 2009;15(3):527–36.
37. Meneghetti CHZ, Carraro L, Leonello LA, Batistella ACT, Ferracini Júnior LC. A influência da fisioterapia aquática na função e equilíbrio no acidente vascular cerebral. *Rev Neurociencias*. 2012;20(3):410–4.
38. Resende SM, Rassi CM, Viana FP. Efeitos da hidroterapia na recuperação do equilíbrio e prevenção de quedas em idosas. *Rev Bras Fisioter*. 2008;12(1):57–63.
39. Meereis ECW, Favretto C, De Souza J, Gonçalves MP, Mota CB. Influência da hidrocinestoterapia no equilíbrio postural de idosas institucionalizadas. *Motriz Rev Educ Fis*. 2013;19(2):269–77.
40. Gimenes RO, Tacani PM, Junior SAG, de Campos CM, Batista PAN. Fisioterapia aquática e de solo em grupo na postura de mulheres mastectomizadas. *J Heal Sci Inst*. 2013;31(1):79–83.
41. Félix TL, Jorge LMMS, De Oliveira J, Ferrari RAM. Efeito da hidroterapia, utilizando o Método dos Anéis de Bad Ragaz, no tratamento da artrite reumatóide juvenil: um estudo de caso. *ConScientiae Saúde*. 2007;6(2):341–50.
42. Candeloro JM, Caromano FA. Efeito de um programa de hidroterapia na flexibilidade e na força muscular de idosas. *Rev Bras Fisioter*. 2007;11(4):303–9.
43. Da Silva DM, Nunes MCO, Oliveira PJ de AL, Coriolano M das GW de S, Berenguer F de A, Lins OG, et al. Efeitos da fisioterapia aquática na qualidade de vida de sujeitos com doença de Parkinson. *Fisioter Pesq*. 2013;20(1):17–23.
44. Jakaitis F, Pegoraro ASN, Gusman S, Abrantes CV, dos Santos DG, Nascimbem D. Estudo epidemiológico da fisioterapia aquática do Hospital Israelita Albert Einstein. *Rev Neurocienc*. 2008;16(3):204–8.
45. Jakaitis F, dos Santos DG, Abrantes CV, Gusman S, Bifulco SC. Atuação da fisioterapia aquática no condicionamento físico do paciente com AVC. *Rev Neurociencias*. 2012;20(2):204–9.

46. Gimenes RO, Concuruto A, Okubo TS, Saraiva LDA, Roberto P, Lucareli G. Análise crítica da efetividade da fisioterapia aquática na artrite reumatóide. *Fisioter Ser.* 2010;5(3):175–9.
47. Wibelinger LM, Borges AM. Hidrocinesioterapia em portadores de artrite reumatóide. *Rev Bras Ciências da Saúde.* 2012;31:61–6.
48. Bergamin M, Ermolao A, Tolomio S, Berton L, Sergi G, Zaccaria M. Water- versus land-based exercise in elderly subjects: effects on physical performance and body composition. *Clin Interv Aging.* 2013;8:1109–17.
49. Fibra T, de Sá TSTF, Fontes SV, Driusso P, do Prado GF. Avaliação da qualidade de vida de idosos submetidos à fisioterapia aquática. *Rev Neurociências.* 2006;14(4):182–4.
50. Carregaro RL, de Toledo AM. Efeitos fisiológicos e evidências científicas da eficácia da fisioterapia aquática. *Rev Mov.* 2008;1(1):23–7.
51. Becker B. *Aquatic Therapy : Scientific Foundations and Clinical Rehabilitation Applications.* PM&R. 2009;1(9):859–72.
52. Becker BE, Cole AJ. *Comprehensive Aquatic Therapy.* 3° Ed. Washington: Pullman: Washington State Universtiy Publishing; 2011. 560 pp p.
53. Couto SM, Santos AEO dos, Vieira SMJ, Silva DJP da. Determinação da força de arrasto e da velocidade terminal de frutos de café pela técnica de elementos finitos. *Rev Bras Eng Agrícola e Ambient.* 2004;8(2/3):274–83.
54. Alberton CL, Cadore EL, Pinto SS, Tartaruga MP, Da Silva EM, Kruel LFM. Cardiorespiratory, neuromuscular and kinematic responses to stationary running performed in water and on dry land. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(6):1157–66.
55. Dietz V, Colombo G. Effects of body immersion on postural adjustments to voluntary arm movements in humans: role of load receptor input. *J Physiol.* 1996;497(3):849–56.
56. Gaya A, Garlipp D. *Ciências do movimento humano: introdução à metodologia da pesquisa.* Porto Alegre: Artmed; 2008.
57. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech.* 1997;13:135–63.
58. Bressel E, Dolny DG, Vandenberg C, Cronin JB. Trunk muscle activity during spine stabilization exercises performed in a pool. *Phys Ther Sport.* 2012;13(2):67–72.
59. Keshner E a., Campbell D, Katz RT, Peterson BW. Neck muscle activation patterns in humans during isometric head stabilization. *Exp Brain Res.* 1989;75(2):335–44.
60. Alberton CL, Silva EM, Tartaruga MP, Cadore EL, Becker ME, Brentano MA, et al. Análise da reprodutibilidade do sinal eletromiográfico durante ações isométrica e dinâmicas realizadas em diferentes meios. *Rev Bras Biomecânica.* 2007;8(15):82–8.

61. Kanekar N, Aruin AS. Improvement of anticipatory postural adjustments for balance control: effect of a single training session. *J Electromyogr Kinesiol.* 2015;25(2):400–5.
62. Saito H, Yamanaka M, Kasahara S, Fukushima J. Relationship between improvements in motor performance and changes in anticipatory postural adjustments during whole-body reaching training. *Hum Mov Sci.* 2014;37:69–86.
63. Latash ML, Levin MF, Scholz JP, Schöner G. Motor control theories and their applications. *Med.* 2010;46(6):382–92.
64. Abdi H, Williams LJ. Principal component analysis. *Wiley Interdiscip Rev Comput Stat.* 2010;2(4):433–59.
65. Latash ML, Scholz JP, Schöner G. Toward a new theory of motor synergies. *Motor Control.* 2007;11:276–308.
66. Santos MJ, Kanekar N, Aruin AS. The role of anticipatory postural adjustments in compensatory control of posture: 1. Electromyographic analysis. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010;20:388–97.
67. Lee WA, Buchanan TS, Rogers MW. Effects of arm acceleration and behavioral conditions on the organization of postural adjustments during arm flexion. *Exp Brain Res.* 1987;66:257–70.

### 3 ANEXOS

#### 3.1 NORMAS DA REVISTA BRASILEIRA DE BIOMECÂNICA

Artigos oriundos de investigações originais, Artigos de revisão e ensaios, Artigos tematicamente orientados e à convite do conselho editorial e Notas técnico-metodológicas.

1. Os artigos podem ser redigidos em português ou inglês. Recomenda-se que os artigos redigidos em inglês contenham um resumo em português e quando redigidos em português obrigatoriamente deve conter resumo e abstract, bem como, Palavras-Chave e Key-Words.

2. Para os artigos originais os resumos devem ser apresentados no formato estruturado, com até 250 palavras, destacando o principal objetivo e os métodos básicos adotados, informando sinteticamente local, população e amostragem da pesquisa; apresentando os resultados mais relevantes, quantificando-os e destacando sua importância estatística; apontando as conclusões mais importantes, apoiadas nas evidências relatadas, recomendando estudos adicionais quando for o caso. As palavras-chaves devem ser de 3 a 6.

3. As seções, sempre que se aplicar, devem abranger os seguintes aspectos: Resumo, Palavras-Chave, Abstract, Key-Words, Introdução (Justificativa e Objetivos), Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusão, Referências.

4. Cada arquivo original, preferencialmente em Microsoft para Windows, deve ser precedido de uma folha de rosto, contendo título, identificação dos autores e vinculação institucional, endereço do autor para correspondência, emails de TODOS os autores, título resumido para impressão no cabeçalho de cada página (Running Title) e texto opcional de agradecimentos. O título do artigo deve reaparecer na página seguinte, juntamente com o resumo sem identificação de autores. O artigo deve ter sua extensão programada de modo a não exceder 20 páginas no formato final, utilizar letras times new roman ou arial de tamanho 12, o texto deve ser paginado em espaçamento duplo em papel A4 com margens de 2 cm.

5. Todas folhas devem conter o "Running Title".

6. Na redação do artigo, após a folha de rosto despersonalizada, a Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusão e Referências bem como outras que se aplicar devem constituir outra seção com coluna dupla.

7. São aceitos figuras, tabelas, arquivos de áudio e vídeo desde que estes estejam inseridos no local exato onde os autores pretendem que apareçam no texto final acompanhadas de suas respectivas legendas numeradas em algarismos arábicos e na ordem de aparição no texto.

8. Os elementos gráficos (figuras, tabelas, arquivos de áudio e vídeo) devem possuir resolução mínima de 600 dpi em formato gif, jpeg, wav, mp3, mpeg ou avi, e podem ser coloridos ou preto e branco.

9. A Revista Brasileira de Biomecânica requer que todos os procedimentos apropriados para obtenção do consentimento dos sujeitos para participação no estudo tenham sido adotados. Não há necessidade de especificar os procedimentos, mas deve ser indicado no texto que o consentimento foi obtido. Estudos que envolvem experimentos com animais devem conter uma declaração na seção Método, que os experimentos foram realizados em conformidade com a regulamentação sobre o assunto adotada no país.

10. O sistema de medidas básico a ser utilizado na Revista deverá ser o "Système International d'Unités". Uma lista completa das unidades SI pode ser acessada online em <http://physics.nist.gov/>. Como regra geral, só deverão ser utilizadas abreviaturas e símbolos padronizados. Se abreviações não padronizadas forem utilizadas, recomenda-se a definição das mesmas no momento da primeira aparição no texto.

11. As referências devem ser ordenadas alfabeticamente, numeradas e normalizadas de acordo com o estilo Vancouver. Os títulos de periódicos devem ser referidos de forma abreviada, de acordo com o Index Medicus, e grifados. Publicações com 2 autores até o limite de 6 citam-se todos; acima de 6 autores, cita-se o primeiro seguido da expressão latina et al.

12. Citações de referências no texto deverão ser feitas por extenso. Se forem dois autores, citam-se ambos ligados pela conjunção "e"; se forem mais de três, cita-se o primeiro autor seguida da expressão "et al".

13. Os arquivos originais deverão ser encaminhados preferencialmente através do sistema SEER. Caso o autor encontre problemas poderá enviar para o endereço eletrônico do contato com a RBB - [rbbbjb@gmail.com](mailto:rbbbjb@gmail.com).