

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**Instituto de Psicologia**

**JANINA MANZIERI PRADO**

**Controle postural em adultos e idosos durante  
tarefas duais**

São Paulo

2008

**JANINA MANZIERI PRADO**

**Controle postural em adultos e idosos durante  
tarefas duais**

Dissertação apresentada ao Instituto de  
Psicologia da Universidade de São Paulo para obtenção  
do título de Mestre em Ciências – Neurociência e Comportamento  
Área de Concentração: Neurociência e Comportamento  
Orientador: Prof. Dr. Marcos Duarte

São Paulo

2008

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE TABELA .....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>6</b>
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>7</b>
3.1    CONTROLE POSTURAL NORMAL.....	7
3.2    MUDANÇAS NO SISTEMA DE CONTROLE POSTURAL COM O AVANÇO DA IDADE .....	9
3.2.1    Mudanças no sistema motor .....	9
3.2.2    Mudanças nos sistemas sensoriais.....	10
3.2.2.1    Mudanças no sistema visual .....	11
3.2.2.2    Mudanças no sistema somatossensorial.....	12
3.2.2.3    Mudanças no sistema vestibular .....	14
3.2.2.4    Mudanças na integração das informações sensoriais.....	15
3.3    INFORMAÇÃO VISUAL NO CONTROLE POSTURAL .....	16
3.4    TAREFAS DUAIS VERSUS PROCESSAMENTO COGNITIVO .....	19
3.5    TAREFAS DUAIS VERSUS INFORMAÇÃO VISUAL .....	24
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
4.1    SELEÇÃO DA AMOSTRA.....	27
4.2    INSTRUMENTOS .....	28
4.3    TAREFA .....	30
4.4    ANÁLISE DE DADOS.....	32
4.6    ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	33
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
5.1    TAREFA SUPRA-POSTURAL: EFEITO NA OSCILAÇÃO POSTURAL .....	36
5.2    CONDIÇÕES OLHOS ABERTOS (OA) E OLHOS FECHADOS (OF): EFEITO NA OSCILAÇÃO POSTURAL .....	36
5.3    CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS: EFEITO NA OSCILAÇÃO POSTURAL.....	44
<b>6 DISCUSSÃO.....</b>	<b>57</b>
6.1    TAREFA SUPRA-POSTURAL: DESEMPENHO VISUAL.....	57
6.2    CONDIÇÃO OLHOS ABERTO (OA) E OLHOS FECHADOS (OF): EFEITO NA OSCILAÇÃO POSTURAL .....	58
6.3    CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS: EFEITO NA OSCILAÇÃO POSTURAL.....	59
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>66</b>
<b>9 ANEXOS.....</b>	<b>74</b>

9.1	ANEXO A – FICHA DE ANAMNESE .....	74
9.2	ANEXO B – QUESTIONÁRIO DE BAECKE (ADULTOS) .....	77
9.3	ANEXO C- QUESTIONÁRIO DE BAECKE (MODIFICADO PARA IDOSOS).....	80
9.4	ANEXO D – TERMO DE CONSENTIMENTO .....	83
9.5	ANEXO E – PRODUÇÃO CIENTÍFICA DURANTE O CURSO DE Mestrado (FEVEREIRO/2005 - JUNHO/2008).....	86

## RESUMO

**INTRODUÇÃO:** Tem sido demonstrado em adultos jovens saudáveis que certo tipo de tarefas duais podem diminuir a oscilação postural durante a postura em pé (STOFFREGEN *et al.*, 2000; STOFFREGEN *et al.*, 1999). A variabilidade na oscilação postural depende da natureza da tarefa visual, por exemplo, a oscilação pode reduzir quando o indivíduo olha para um alvo que requer uma busca visual comparado a um alvo completamente branco. Contudo, não sabemos se tal efeito também pode ser observado em idosos cujo controle postural pode estar deteriorado. O objetivo do presente estudo foi investigar como as tarefas duais afetam a oscilação postural durante a postura em pé em indivíduos idosos comparado aos adultos e entender a relação entre informação visual e equilíbrio no controle postural.

**MÉTODOS:** Doze sujeitos idosos fisicamente ativos (65 a 75 anos) e doze adultos jovens saudáveis (22 a 39 anos) participaram do experimento. Os sujeitos realizaram diferentes tarefas visuais enquanto permaneceram em pé sobre a plataforma de força. A natureza da tarefa visual (olhar para um alvo branco versus com texto), e a distância do alvo visual (perto versus longe) foram variadas. Na condição com texto os participantes foram instruídos a contar a frequência de determinadas letras durante cada tentativa (ex. A, E, I, R, S). As seguintes variáveis foram analisadas: raiz quadrática média (RMS), velocidade média e frequência mediana do deslocamento do centro de pressão (CP) nas direções antero-posterior (AP) e médio-lateral (ML) obtidos através da plataforma de força e deslocamentos da cabeça, ombro, quadril e joelho obtidos com um sistema de análise de vídeo.

**RESULTADOS:** Ambos os grupos tiveram a mesma porcentagem de acertos ao contar as letras, mas os idosos foram significativamente mais lentos comparados aos adultos. A amplitude da oscilação postural foi maior para os idosos do que para os adultos em todas as condições. No entanto, ambos os grupos apresentaram uma redução na oscilação durante a tarefa com texto quando comparado à tarefa com alvo branco.

**CONCLUSÃO:** Os resultados sugerem que apesar do aumento da oscilação com o avanço da idade, a integração da informação visual pelo sistema de controle postural não é afetada pela idade. Os presentes resultados suportam a idéia que

tarefas duais não necessariamente levam a um aumento na oscilação postural. Este efeito, observado aqui em idosos, levanta questões sobre uma visão amplamente adotada na qual mudanças na oscilação postural relacionadas com a idade estão relacionadas com uma competição entre o controle postural e outras atividades no processamento central de informações.

*Palavras - chave: equilíbrio, envelhecimento, posturografia*

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** It has been shown for young healthy adults that certain dual tasks can decrease postural sway during upright stance (STOFFREGEN *et al.*, 2000; STOFFREGEN *et al.*, 1999). The variability on postural sway depends on the nature of the visual task, for example, the sway can be reduced when the subject look at a target that requires visual tracking compared to a completely white target. However, it is unknown whether such effect is also observed in elderly people where postural control may be deteriorated. The aim of the present study was to investigate how a dual task affects postural sway during upright stance in elderly subjects compared to young adults and to understand the relationship between visual information and balance on postural control.

**METHODS:** Twelve healthy active elderly adults (aged 65 to 75 years) and twelve healthy young adults (aged 22 to 39 years) participated in the experiment. The subjects performed different visual tasks while standing on a force plate. We varied the nature of the visual tasks (looking at a blank target versus a visual search task), and the distance of visual targets (near versus far). The following variables were analyzed: COP root-mean-square (RMS), mean speed displacements and median frequency for the AP and ML directions obtained from the force plate and RMS of the head, shoulder, hip and knee obtained from a video analysis system.

**RESULTS:** Both groups had the same percentage correct in counting letters but the elderly adults were significantly slower compared with the young adult group. The amplitude of postural sway was greater for elderly adults than for young adults in all conditions. However, both the young and elderly adults exhibited significant reductions in sway during performance of the search task, relative to sway during viewing of a blank target.

**CONCLUSION:** The results suggest that, despite the overall increase in postural sway with aging, integration of visual information by the postural control system is not affected by aging. The present results support the idea that dual tasks do not necessarily lead to an increase in postural sway. This effect, found here in elderly adults, raises questions about widely held views in which age-related changes in postural sway are related to competition between postural control and other activities for central processing resources.

*Key words: balance, aging, posturography*

## LISTA DE TABELA

TABELA 1- Características da amostra.....	35
---	----



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Desenho representando a posição do participante, localização das marcas .....	32
FIGURA 2 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento (cm) do centro de pressão (CP) nas direções anterior-posterior (AP) e médio-lateral (ML) para as duas condições visuais, olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF).....	37
FIGURA 3 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da velocidade (cm/s) do deslocamento do centro de pressão (CP) nas direções anterior-posterior (AP) e médio-lateral (ML) para as duas condições visuais, olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF). Diferenças *entre grupos e + entre condições visuais dentro dos grupos, ( $p < 0.01$ ).....	38
FIGURA 4 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência mediana (Hz) do deslocamento do centro de pressão (CP) nas direções anterior-posterior (AP) e médio-lateral (ML) para as duas condições visuais, olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF). .....	38
FIGURA 5 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do deslocamento do centro de pressão (CP) na direção artero-posterior (AP), durante a condição olhos abertos (OA).....	39
FIGURA 6 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do deslocamento do centro de pressão (CP) na direção artero-posterior (AP), durante a condição olhos fechados (OF). .....	40
FIGURA 7 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML) durante a condição olhos abertos (OA).....	40
FIGURA 8 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do deslocamento do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML), durante a condição olhos fechados (OF).....	41
FIGURA 9 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento da cabeça (cm) na direção antero-posterior (AP) durante as duas condições visuais olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF).....	42

- FIGURA 10 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento do ombro (cm) na direção antero-posterior (AP) para as duas condições visuais olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF).  
.....42
- FIGURA 11 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento do quadril (cm) na direção antero-posterior (AP) para as duas condições visuais olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF).  
.....43
- FIGURA 12 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento do joelho (cm) na direção antero-posterior (AP) para as duas condições visuais olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF).  
.....43
- FIGURA 13 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da velocidade (cm/s) do deslocamento do centro de pressão (CP) na direção anterior-posterior (AP) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças \* entre grupos, + entre fator distância dentro dos grupos e • entre fator alvo dentro dos grupos ( $p < 0.01$ ). .....44
- FIGURA 14 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da velocidade (cm/s) do deslocamento do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças + entre fator distância dentro dos grupos ( $p < 0.01$ ). .....45
- FIGURA 15 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento (cm) do centro de pressão (CP) na direção anterior-posterior (AP) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças + entre fator distância dentro dos grupos e • entre fator alvo dentro dos grupos ( $p < 0.01$ ). .....45
- FIGURA 16 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento (cm) do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças \*entre grupos ( $p < 0.01$ ). ...46
- FIGURA 17 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência mediana (Hz) do centro de pressão (CP) na

direção antero-posterior (AP) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças <sup>+</sup> entre fator distância dentro dos grupos e <sup>•</sup> entre fator alvo dentro dos grupos ( $p < 0.01$ ). ...	47
FIGURA 18 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência mediana (Hz) do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). .....	47
FIGURA 19 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção antero-posterior (AP) durante a condição experimental alvo perto branco (PB).	48
FIGURA 20 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção antero-posterior (AP) durante a condição experimental alvo perto texto (PT). ...	49
FIGURA 21 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção antero-posterior (AP) durante a condição experimental alvo longe branco (LB).	49
FIGURA 22 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção antero-posterior (AP) durante a condição experimental alvo longe texto (LT). ...	50
FIGURA 23 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML) durante a condição experimental alvo perto branco (PB).....	51
FIGURA 24 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML) durante a condição experimental alvo perto texto (PT).....	51
FIGURA 25 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML) durante a condição experimental alvo longe branco (LB). ...	52
FIGURA 26 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML) durante a condição experimental alvo longe texto (LT).....	52
FIGURA 27 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento da cabeça (cm) na direção anterior-posterior (AP) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe	

branco, perto texto e longe texto). Diferenças <sup>+</sup> entre fator distância dentro dos grupos e • entre fator alvo dentro dos grupos (p< 0.01).....	54
FIGURA 28 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento do ombro (cm) na direção anterior-posterior (AP) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças <sup>+</sup> entre fator distância dentro dos grupos e • entre fator alvo dentro dos grupos (p< 0.01).....	54
FIGURA 29 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento do quadril (cm) na direção anterior-posterior (AP) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças <sup>+</sup> entre fator distância dentro dos grupos (p< 0.01).....	55
FIGURA 30 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento do joelho (cm) na direção anterior-posterior (AP) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças <sup>+</sup> entre fator distância dentro dos grupos (p< 0.01).....	55

## 1 Introdução

Para executar uma infinidade de tarefas do cotidiano o indivíduo deve ser capaz de adotar e manter-se em várias posturas. Esta capacidade é conhecida como controle postural (HORAK & MACPHERSON, 1996; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 1995). Tarefas fundamentais do sistema de controle postural são a manutenção do equilíbrio sobre a base de apoio e orientação do corpo no espaço (HORAK, SHUPERT & MIRKA, 1989; PAI & PATTON, 1997; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 1995).

Tal habilidade requer uma coordenação simultânea de informações provenientes dos sistemas visual, vestibular e somatossensorial que são enviadas, integradas e interpretadas pelo sistema nervoso central (SNC) do indivíduo para ajustar articulações e segmentos do corpo com o objetivo de manter-se em pé, ou realizar uma tarefa dinâmica sem quedas (HORAK & MACPHERSON, 1996)

Deve-se considerar que a deterioração ou o efeito da perda sensorial (visual, vestibular e somatossensorial), comprometimento do sistema motor ou ainda alterações no processamento central de informações sensoriais ou cognitivas, resultam em uma ineficiência no sistema de controle postural. A redução ou alteração das informações sensoriais afeta não apenas a detecção do deslocamento postural, mas também a interpretação de sinais sensoriais gerados pelos movimentos corporais, levando a instabilidade e conseqüentemente quedas durante tarefas estáticas ou dinâmicas (BOREL *et al.*, 2002; HORAK, SHUPERT & MIRKA, 1989; LATASH, 1998; WALKER, BROUWER & CULHAM, 2000).

Sabe-se que com o avanço da idade há um comprometimento no sistema de controle postural e que este déficit é um fator predisponente para o aumento na

incidência de quedas, responsável por aproximadamente 70% de mortes acidentais em indivíduos acima dos 75 anos. Durante o processo de envelhecimento, ocorre uma série de modificações nos sistemas motor, sensorial e cognitivo, o que resulta num aumento da oscilação corporal e desequilíbrios em idosos (HORAK & MACPHERSON, 1996; KIM & ROBINSON, 2005; MELZER, BENJUYA & KAPLANSKI, 2001; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 1995; SPEERS, KUO & HORAK, 2002).

Uma das formas de avaliar a contribuição dos sistemas sensoriais no controle postural é através da manipulação destas informações durante a postura ereta, (BARIN *et al.*, 1997; BLACK *et al.*, 1988; GILL *et al.*, 2001; HORAK & MACPHERSON, 1996; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2000; SPEERS, SHEPARD & KUO, 1999; TEASDALE & SIMONEAU, 2001). Durante a privação de informações visuais ou perturbação do sistema somatossensorial (uso de plataforma móvel) a oscilação postural aumenta discretamente. Porém quando mais de uma informação sensorial é alterada simultaneamente, a oscilação postural aumenta em torno de 50% (HORAK & MACPHERSON, 1996). A integração das informações sensoriais permite ao sistema nervoso interpretar as informações relevantes para determinar se o corpo ou o ambiente estão parados ou em movimento, e selecionar a melhor estratégia motora para a execução de uma determinada tarefa, como permanecer em pé de forma equilibrada.

Além das alterações nos sistemas sensoriais inerentes do processo de envelhecimento, uma redução no nível de atenção em tarefas do cotidiano, devido a lentidão no processamento cognitivo, podem contribuir para uma deficiência no controle do equilíbrio aumentando a incidência de quedas com o avanço da idade (MARSH & GEEL, 2000).

Uma das formas de investigar a relação da demanda cognitiva no controle postural tem sido através do estudo do paradigma da tarefa dual, também chamada supra-postural. Esse estudo é especialmente relevante, pois estamos sempre executando uma determinada tarefa enquanto permanecemos em pé.

No experimento que envolve esse paradigma o sujeito deve executar uma tarefa não-postural (leitura, cálculos mentais ou busca visual) durante a postura em pé. Para alguns autores, as tarefas cognitivas exigem do indivíduo um desempenho adicional além de controlar a postura, isto é, duas tarefas executadas simultaneamente comprometem o desempenho em controlar o equilíbrio, aumentando a oscilação postural em adultos e principalmente em idosos (BROWN *et al.*, 2002; HAUER *et al.*, 2003; MELZER, BENJUJA & KAPLANSKI, 2001; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 1995; TEASDALE & SIMONEAU, 2001).

Muitos estudos mostram que a oscilação postural pode ser afetada por tarefas cognitivas, ou pelo tipo de informação visual. Acredita-se que durante tarefas supra-posturais o controle do equilíbrio compete com outras atividades, como por exemplo leitura, por um processamento central de informações. Em tais situações, um aumento da oscilação postural é esperado, principalmente em indivíduos com problemas de equilíbrio.

Diversos estudos que investigam o efeito da manipulação cognitiva e do tipo de informação visual no controle postural, tanto em adultos quanto em idosos, observaram um aumento na oscilação postural em ambos os grupos durante as tarefas cognitivas (contagem mental regressiva) e de demanda visual (DOUMAS, SMOLDERS & KRAMPE, 2008; HUNTER & HOFFMAN, 2001; MAYLOR & WING, 1996; MELZER, BENJUJA & KAPLANSKI, 2001; MORRIS *et al.*, 2000; PELLECCIA, 2003; REDFERN *et al.*, 2001; SHUMWAY-COOK *et al.*, 1997;

TEASDALE & SIMONEAU, 2001). Outros estudos revelaram que a oscilação postural em indivíduos jovens e idosos não foi afetada durante uma tarefa supra-postural (MAKI & MCILROY, 1996; MARSH & GEEL, 2000; SIU & WOOLLACOTT, 2007; YARDLEY *et al.*, 1999b).

No entanto STOFFREGEN e colaboradores (2000; 1999) realizaram estudos com adultos e observaram que a oscilação postural, durante uma determinada tarefa supra-postural, apresentou resultados contrários ao esperado. A oscilação reduziu quando os sujeitos olhavam para um alvo que se encontrava próximo, quando comparado ao mesmo alvo em uma distância maior. Houve também redução da oscilação postural durante tarefas de busca visual (tarefa de leitura) em relação a tarefas com demanda visual mínimas (exemplo, observar um painel completamente branco). A interpretação destes autores para a redução da oscilação durante as tarefas supra-posturais é a existência de uma integração funcional simultânea entre o controle postural e tarefas secundárias, isto é, a postura em pé pode ser modulada de modo a facilitar o desempenho em algumas tarefas supra-posturais, como a tarefa de busca visual.

A percepção visual do movimento do corpo em relação ao espaço é determinada por informações tridimensionais do ambiente. A variabilidade da oscilação postural e a demanda de atenção dependem da natureza da tarefa visual, por exemplo, a oscilação pode reduzir quando o sujeito olha para um alvo que solicite busca visual comparado a um alvo completamente branco.

Contudo, não sabemos se tais efeitos também podem ser observados em pessoas idosas, cujo controle postural pode estar comprometido. São necessários maiores entendimentos de como informações visuais podem auxiliar no controle postural em populações idosas.



Portanto, este estudo pretende investigar o equilíbrio de indivíduos idosos durante tarefas duais e contribuir para o entendimento dos problemas de equilíbrio nesta população, além de entender como o sistema visual pode contribuir no controle postural em idosos.

O presente texto está organizado na forma clássica de um trabalho científico: objetivos, revisão de literatura, métodos, resultados, discussão e conclusão. Alguns dos resultados aqui apresentados já foram publicados como artigo científico (PRADO, STOFFREGEN & DUARTE, 2007).

## **2 Objetivo**

O objetivo do presente estudo foi investigar como as tarefas duais afetam a oscilação corporal durante a postura ereta quieta em idosos, comparado aos adultos e entender a relação entre informação visual e equilíbrio no controle postural.

Especificamente pretende-se quantificar a oscilação postural em adultos e idosos através de uma análise cinética e cinemática da postura ereta durante as tarefas supra-posturais.

### **3 Revisão da literatura**

#### **3.1 *Controle postural normal***

A capacidade de controlar o equilíbrio na postura em pé é uma tarefa extremamente complexa e fundamental para a execução de atividades em nosso cotidiano. O controle postural envolve o controle da posição do corpo no espaço, mantendo uma relação adequada entre os segmentos corporais e estes em relação ao ambiente. O sistema de controle postural realiza diversos ajustes posturais para desempenhar três funções básicas: (1) suportar o corpo contra a ação gravitacional e outras forças externas, (2) manter o centro de massa (CM) dentro da base de suporte, na qual o centro de massa (CM) pode ser movido de forma segura sem quedas, (3) estabilizar determinadas partes do corpo enquanto outras estão em movimento (ALEXANDER, 1994; GHEZ, 1991).

Para controlar o equilíbrio o sistema de controle postural depende de informações sensoriais fornecidas pela visão, propriocepção e pelo sistema vestibular que são integradas e processadas centralmente por diversas áreas do cérebro incluindo o cerebelo, tronco encefálico, gânglios da base, córtex sensorial e motor. Através de sinais medulares o controle postural é efetuado pela ativação de músculos dos membros e tronco (MAYLOR, ALLISON & WING, 2001). Os componentes musculoesqueléticos para o controle postura incluem: amplitude e flexibilidade das articulações, ativações musculares coordenadas e um bom alinhamento entre os segmentos corporais (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 1995).

Um corpo é considerado mecanicamente equilibrado quando a somatória de

todas as forças que agem sobre ele é igual à zero. Nosso corpo é constantemente submetido a forças externas (ação da gravidade) e internas (perturbações fisiológicas como a respiração, batimento cardíaco ou uma pequena e constante ativação muscular), acelerando o corpo em torno do seu centro de massa (CM). Portanto, quando estamos em pé, nosso corpo nunca está em perfeito equilíbrio e uma pequena oscilação postural pode ser observada. Pode-se dizer então que o corpo está em uma situação de desequilíbrio. Tais oscilações podem ser avaliadas utilizando a plataforma de força e quantificadas através do deslocamento do centro de pressão (CP).

O CP é o ponto de aplicação da resultante das forças verticais que atuam na superfície de suporte, e representa um resultado coletivo da atuação do sistema de controle postural e da força de gravidade (ALEXANDER, 1994; WINTER, 1995).

Diversos estudos mostram que a oscilação postural, quantificada através do deslocamento do CP, pode ser investigada durante tarefas estáticas (postura ereta quieta) ou dinâmicas, em situações de perturbação das informações sensoriais ou ainda durante a execução de uma tarefa secundária na postura em pé. Estas condições, freqüentemente realizadas em laboratório, podem contribuir para o entendimento de como o sistema de controle postural resolve conflitos sensoriais ou comporta-se durante uma tarefa concorrente em adultos, idosos normais ou indivíduos com patologias. Tais estudos serão descritos de forma mais detalhada adiante.

## **3.2 Mudanças no sistema de controle postural com o avanço da idade**

### **3.2.1 Mudanças no sistema motor**

Diversas mudanças musculoesqueléticas ocorrem com o avanço da idade como diminuição na amplitude de movimento, aumento da rigidez passiva das articulações, diminuição de força, potência, coordenação e resistência muscular devido à redução do volume muscular e do tipo de fibras musculares. Além disso, idosos são mais lentos durante a execução de movimentos de modo geral. Estas modificações contribuem para uma falta de sinergia muscular, comprometendo as respostas posturais em situações de desequilíbrio durante tarefas do cotidiano (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 1995).

Uma das formas de avaliar as sinergias musculares entre adultos e idosos frente a uma perturbação tem sido através de uma plataforma móvel. Com este equipamento é possível perturbar a superfície de apoio e avaliar, por exemplo, as estratégias motoras adotadas pelos indivíduos para restaurar o equilíbrio.

Durante perturbações na superfície de apoio, os indivíduos adultos recuperam o equilíbrio usando a estratégia de tornozelo inicialmente e em seguida músculos da coxa e do quadril são ativados. Já os idosos acabam usando a estratégia de quadril devido à estratégia de tornozelo ser menos eficiente nesta população.

Em um estudo feito por AMIRIDIS, HATZITAKI & ARABATZI (2003) com manipulação da base de suporte (posição em Tandem, um pé a frente do outro), observou-se através de variáveis cinemáticas e eletromiográficas que idosos oscilaram mais que adultos e apresentam uma estratégia mista de quadril-tornozelo para restaurar o equilíbrio, enquanto adultos apresentam apenas estratégia de tornozelo.

Isto poderia ser explicado pela capacidade diminuída dos músculos do tornozelo em produzir torque para manter o idoso na postura em pé, pela redução de informações somatossensoriais disponíveis, provenientes da região distal dos membros inferiores ou ainda por uma maior perda de unidades motoras em músculos distais das pernas comparados aos proximais, contribuindo para a redução da força muscular (AMIRIDIS, HATZITAKI & ARABATZI, 2003; WOOLLACOTT, 2000; WOOLLACOTT, SHUMWAY-COOK & NASHNER, 1986)

Outra característica em idosos na postura ereta é a freqüente coativação muscular, pouco observada em adultos. Os idosos ativam músculos agonistas e antagonistas simultaneamente, adotando uma estratégia de rigidez articular para diminuir a oscilação postural durante a postura em pé com o objetivo de aumentar a estabilidade e manter-se equilibrado (HORAK, SHUPERT & MIRKA, 1989; LAUGHTON *et al.*, 2003; MELZER, BENJUYA & KAPLANSKI, 2001).

### **3.2.2 Mudanças nos sistemas sensoriais**

Muitos estudos investigaram a contribuição dos sistemas sensoriais no controle do equilíbrio e suas mudanças com o avanço da idade. Juntamente com alterações musculares, informações sensoriais inaccuradas ou indisponíveis, além de uma lentidão no processamento neural destas informações, contribuem para redução na capacidade do sistema de controle postural em manter o equilíbrio, o que pode aumentar a instabilidade postural e conseqüentemente levar idoso a quedas (MELZER, BENJUYA & KAPLANSKI, 2001; SPEERS, KUO & HORAK, 2002).

Mudanças nos sistemas sensoriais e suas relações com o controle do equilíbrio serão apresentadas de forma mais detalhada a seguir.

### 3.2.2.1 Mudanças no sistema visual

As informações visuais são importantes para o controle do equilíbrio, porém não são absolutamente necessárias já que a maioria das pessoas consegue manter o equilíbrio mesmo com olhos fechados. Além disso, apenas com o uso da informação visual, torna-se difícil distinguir o movimento de um objeto, do automovimento (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 1995). Com o avanço da idade menos luz é transmitida à retina, há uma redução na acuidade visual (principalmente periférica), no tamanho do campo visual, na sensibilidade ao contraste e na percepção de profundidade, o que causa um comprometimento das pistas visuais que o ambiente fornece e estas alterações podem predispor os idosos a desequilíbrios (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 1995).

Para entender a contribuição visual no controle do equilíbrio, uma sala móvel é utilizada para provocar uma ilusão de oscilação postural. Neste tipo de experimento a sala se move enquanto o chão permanece parado. Tipicamente em adultos há uma pequena oscilação postural em resposta ao fluxo de informação visual de movimento da sala. Porém em estudos realizados por BORGER *et al.* (1999), PRIOLI *et al.* (2006) e WADE *et al.* (1995) comparando adultos e idosos, observou-se através de variáveis do centro de pressão (CP) e de descolamentos dos segmentos corporais, que o grupo idoso apresentou uma maior oscilação postural durante a manipulação visual, revelando uma dificuldade do sistema de controle postural dos idosos em resolver conflitos entre informações sensoriais conflitantes.

Em idosos, o uso da informação visual tem uma maior contribuição para o controle do equilíbrio, principalmente em indivíduos que possuem alterações somatossensoriais ou histórico de quedas, (SUNDERMIER *et al.*, 1996; WADE *et al.*, 1995). Alguns autores têm reportado que quando indivíduos adultos fecham os olhos

sua oscilação postural pode aumentar em até 40-50% em relação a uma condição com olhos abertos (BENJUJA, MELZER & KAPLANSKI, 2004; JAMET *et al.*, 2007; PAULUS, STRAUBE & BRANDT, 1984), enquanto outros pesquisadores não observaram efeito da visão na oscilação postural em adultos (MARSH & GEEL, 2000; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2000).

Já estudos com idosos têm revelado uma correlação positiva entre a dependência visual e amplitude da oscilação postural através da privação visual de informações (BLASZCZYK *et al.*, 2000; JAMET *et al.*, 2007; MATHESON, DARLINGTON & SMITH, 1999). Para JAMET *et al.* (2007), a dependência da informação visual em idosos talvez seja uma forma de compensar a deterioração de outras pistas sensoriais envolvidas no controle postural. Idosos apresentam uma deficiência somatossensorial que dificulta discriminar o tipo de superfície sobre a qual estão ou detectar disposição dos segmentos corporais.

### **3.2.2.2 Mudanças no sistema somatossensorial**

Informações proprioceptivas envolvem receptores sensoriais especializados chamados mecanorreceptores localizados nas articulações, cápsulas, ligamentos, músculos, tendões e pele que informam ao sistema nervoso central sobre a disposição do corpo no espaço e o arranjo relativo entre os segmentos corporais. Acredita-se que as alterações da sensibilidade tátil, vibratória e de pressão, relacionadas ao processo de envelhecimento, são decorrentes de uma redução no número de mecanorreceptores, há também diminuição no número de fibras intrafusais presentes nos músculos e aumento na espessura da cápsula do fuso neuromuscular (FNM - receptor envolvido na propriocepção).



Não apenas a deterioração do sistema somatossensorial compromete a capacidade de controlar o equilíbrio, mas também uma deficiência no processamento central de informações sensoriais (atrofia axonal, diminuição na velocidade de condução nervosa) pode comprometer a coordenação de movimento e estabilidade postural (RIBEIRO & OLIVEIRA, 2007).

A percepção da disposição e movimento dos segmentos corporais é um fator importante para a realização de movimentos coordenados, regulação do equilíbrio, controle postural e aprendizado motor. Alterações na percepção corporal têm sido observadas na população idosa o que torna o idoso mais dependente das informações visual e vestibular para o controle do equilíbrio (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 1995).

De fato, devido a redução e lentidão na condução da informação somatossensorial proveniente dos membros inferiores, característica do envelhecimento, ao submeter idosos à perturbação proprioceptiva através do uso de uma superfície macia (espuma) na postura em pé, pouco aumento na oscilação postural pode ser observado, ao passo que perturbar as informações visuais ou vestibulares acarreta em grandes oscilações posturais (GILL *et al.*, 2001).

Diversos autores acreditam que dentre todos os sistemas sensoriais que contribuem para o equilíbrio, o sistema somatossensorial parece ter menos influência no controle postural em idosos (GILL *et al.*, 2001; WOOLLACOTT, SHUMWAY-COOK & NASHNER, 1986). Já alterações somatossensoriais induzidas experimentalmente ou por patologias podem alterar negativamente as respostas posturais. Alguns estudos investigaram o efeito da perda somatossensorial no controle do equilíbrio em idosos com neuropatia periférica. Através do uso de uma plataforma móvel, estes estudos observaram um atraso significativo na resposta

muscular durante a perturbação postural e uma dificuldade em modular a amplitude da resposta postural em relação ao estímulo (INGLIS *et al.*, 1994; JACKSON, EPSTEIN & DE L'AUNE, 1995).

### **3.2.2.3 Mudanças no sistema vestibular**

Outro fator extremamente importante para o controle do equilíbrio é a capacidade do sistema vestibular em detectar acelerações lineares e angulares da cabeça e sua orientação em relação à gravidade (HAIN, RAMASWAMY & HILLMAN, 2002). O sistema vestibular contribui como um sistema de referência no qual os outros sistemas (visual e somatossensorial) podem ser comparados em situações de conflitos sensoriais. Este sistema serve de referência para informar ao sistema nervoso central a orientação do corpo no espaço juntamente com informações proprioceptivas (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 1995; WOOLLACOTT, 2000).

O comprometimento no sistema de referência (vestibular) com o avanço da idade, como por exemplo, a degeneração progressiva e redução do número de células ciliadas labirínticas, células ganglionares receptoras vestibulares e de fibras nervosas, faz com que o sistema nervoso tenha dificuldade em lidar com informações sensoriais conflitantes (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 1995; WOOLLACOTT, 2000).

Mesmo em um ambiente com perturbações visuais ou superfície instável um indivíduo jovem saudável é capaz de usar informações provenientes do sistema vestibular para controlar o equilíbrio. No entanto, idosos apresentam uma dificuldade na percepção da orientação ou movimento corporal no espaço, isto é, são incapazes de usar a informação vestibular de forma eficiente para equilibrar-se. Desta forma o

risco de quedas principalmente em ambientes pouco iluminados ou em superfícies instáveis é aumentado (HORAK, 2006). Alguns estudos observaram, através de teste de manipulação das informações sensoriais, onde apenas a informação vestibular encontrava-se disponível e as demais informações inacuradas ou eliminada, que idosos apresentaram grandes oscilações posturais e adotaram diferentes estratégias motoras (quadril) para restaurar o equilíbrio, quando comparado aos adultos (GILL *et al.*, 2001; MAURER *et al.*, 2000; SPEERS, KUO & HORAK, 2002; SPEERS, SHEPARD & KUO, 1999).

#### **3.2.2.4 Mudanças na integração das informações sensoriais**

Na integração das informações visuais, vestibulares e somatossensoriais o comprometimento ou perturbação de um sistema sensorial obrigatoriamente aumenta a dependência, por parte do sistema de controle postural, de informações provenientes dos demais sistemas. Uma forma de investigar a contribuição das informações sensoriais disponíveis em adultos e idosos tem sido através do teste de integração sensorial, que consiste em manipular as informações visuais, somatossensoriais e/ou vestibulares. Este teste provoca conflitos ou privação de tais informações preservando apenas uma ou duas informações sensoriais de perturbações. Através desse teste é possível entender a contribuição das diferentes informações sensoriais no equilíbrio em diversas populações como, adultos saudáveis, pacientes neurológicos, com neuropatia periférica, idosos com histórico de quedas ou indivíduos com vestibulopatias (GILL *et al.*, 2001; MAURER *et al.*, 2000; SPEERS, KUO & HORAK, 2002; SPEERS, SHEPARD & KUO, 1999).

Estudos realizados por GILL *et al.* (2001) e TEASDALE *et al.* (1991)

revelaram um aumento da oscilação postural com o avanço da idade e com o número de informações sensoriais inaccuradas durante a postura em pé. Assim, na condição com olhos abertos e superfície sem perturbação a oscilação postural foi menor quando comparada a condição olhos fechados e superfície de apoio inaccurada (colocação de espuma). Também foram verificadas maiores oscilações posturais com o avanço da idade durante tarefas com privação visual, e menos na condição de perturbação somatossensorial, indicando que idosos apresentam maior dependência de informações visuais para controlar o equilíbrio durante a postura em pé como comentado anteriormente.

### **3.3 Informação visual no controle postural**

Um dos elementos sensoriais mais relevantes para informar sobre as características do ambiente ou objeto é a informação visual (SCHMIDT & LEE, 1999). A percepção visual inicia-se com a luz atravessando a córnea e sendo projetada na retina, em seguida a luz é transformada em sinal elétrico e esta informação é enviada ao córtex visual primário onde é processada e interpretada em conjunto com outras áreas corticais (GHEZ, 1991).

Assim como as informações somatossensoriais e vestibulares, o efeito da visão no controle do equilíbrio depende da natureza da tarefa. Diversos estudos mostram que a privação de informações visuais pode contribuir para um aumento da oscilação na postura em pé, principalmente em indivíduos idosos cujo controle postural encontra-se comprometido (HORAK & MACPHERSON, 1996).

Considerando que idosos apresentam uma dependência maior das informações visuais para o controle do equilíbrio (DU PASQUIER *et al.*, 2003), uma deficiência na função visual como, por exemplo, baixa acuidade pode contribuir para

um aumento da oscilação postural (LORD & MENZ, 2000).

Fatores como acuidade visual, nível de iluminação, paralaxe de movimento, distância do olho ao objeto, tipo de estímulo e tamanho campo visual podem afetar a forma como o sistema visual contribui para o controle do equilíbrio (BRONSTEIN & BUCKWELL, 1997; BROOKE-WAVELL *et al.*, 2002; JAHN *et al.*, 2002; PAULUS, STRAUBE & BRANDT, 1984; UCHIYAMA *et al.*, 2006).

Segundo UCHIYAMA *et al.* (2006) em indivíduos com acuidade visual normal, as informações do campo visual periférico (ângulo visual  $\geq 2,5^\circ$ ) contribuem de forma mais significativa para a redução da oscilação postural em comparação as informações visuais centrais (ângulo visual  $\leq 2,5^\circ$ ), pois permitem ao indivíduo extrair informações de todo o campo visual.

Maiores oscilações posturais são observadas em idosos que apresentam redução da sensibilidade ao contraste e da acuidade visual ou durante condições experimentais onde a informação do campo visual periférico é excluída e apenas informações do campo visual central estão disponíveis (LORD, CLARK & WEBSTER, 1991; POULAIN & GIRAUDET, 2007).

Uma explicação clássica para o aumento ou redução da oscilação postural provocados pelo tipo de informação visual baseia-se na detecção do movimento do objeto projetado na retina, isto é, objetos em movimento produzem um determinado deslocamento angular de sua imagem na retina, denominado de modelo aferente de detecção visual da oscilação postural (PAULUS, STRAUBE & BRANDT, 1984). Porém, BRONSTEIN & BUCKWELL (1997), GUERRAZ *et al.* (2000) e KAPOULA & LE (2006) sugerem duas formas de detecção visual da oscilação postural: aferente, através do movimento da imagem na retina e eferente, através de sinais motores oculares. Segundo ROSENBAUM (1991) ao mover os

olhos, receptores dos músculos extraoculares são ativados. O mecanismo de “*feedback*” dos músculos oculares é usado para interpretar o deslocamento da imagem na retina, informando ao sistema nervoso central que os olhos mudaram de posição.

Durante tarefas visuais que exigiam movimento dos olhos GLASAUER *et al.* (2005), HUNTER & HOFFMAN (2001) observaram um aumento da oscilação postural em adultos. Eles também viram que na tarefa de supressão dos movimentos oculares a oscilação postural foi menor, assim como estudos realizados por JAHN *et al.* (2002) e STRUPP *et al.* (2003), em pacientes com hipofunção vestibular, foi visto que ao suprimir o nistagmo (movimentos repetidos, rítmicos e involuntários dos olhos) nesses pacientes, houve uma redução da oscilação postural. Já ROUGIER & GARIN (2006) e UCHIDA *et al.* (1979) obtiveram resultados contrários. Eles observaram que ao realizar movimentos sacádicos dos olhos, sem o uso de pistas visuais em uma sala escura, houve redução da oscilação postural em adultos, o que reforça a idéia de estabilização postural através do disparo eferente dos músculos extraoculares. Tais resultados contrastantes podem ser atribuídos a diferentes populações usadas nos estudos acima citados. No entanto, tais estudos não explicam claramente qual mecanismo (aferente, eferente ou ambos) o sistema de controle postural usa para auxiliar no controle do equilíbrio.

Já em um estudo recente, realizado por RUCCI *et al.* (2007) revelou que os movimentos oculares em relação ao alvo fixo (informação eferente), permitem ao indivíduo discriminar de forma mais efetiva as características dos estímulos visuais.

Outros fatores importantes que podem auxiliar na percepção visual do movimento do corpo em relação ao espaço, referem-se a distância em que o objeto se encontra e a paralaxe de movimento. A distância do alvo em relação ao sujeito é

um fator que afeta a oscilação postural (VUILLERME *et al.*, 2006). Objetos ou alvos localizados a uma distância maior do sujeito produzem um menor deslocamento angular do objeto projetado na retina quando comparado a objetos mais próximos. De acordo com estudos realizados por GUERRAZ *et al.* (2000), LE & KAPOULA (2006), STOFFREGEN *et al.* (2000; 1999) e VUILLERME *et al.* (2006), a oscilação postural aumenta de acordo com aumento da distância entre o olho e a região ou alvo a ser explorado tanto em adultos quanto em idosos (KAPOULA & LE, 2006).

Uma possível explicação para este efeito segundo GUERRAZ *et al.* (2000) seria uma maior paralaxe de movimento em situações onde o alvo encontra-se mais próximo do olho. A paralaxe de movimento é uma das pistas mais importantes para obter informações de profundidade do ambiente. Quando o indivíduo fixa a visão em um determinado ponto, as imagens dos objetos próximos ou distantes em relação fixação movem-se na retina do observador (NAWROT, 2003). Esta situação (alvo próximo) permite ao indivíduo uma maior discriminação entre frente e fundo e profundidade do ambiente visual. Para KAPOULA & LE (2006), LE & KAPOULA (2006) e VUILLERME *et al.* (2006) este aumento da oscilação postural em função da distância do objeto se dá pelo reduzido deslocamento angular do objeto projetado na retina.

### **3.4 Tarefas duais versus processamento cognitivo**

Manter o equilíbrio na postura em pé é uma prática comum na vida diária. Durante a postura em pé, o sistema de controle postural ativa mecanismos reflexos e automáticos através de uma regulação postural tônica e processamentos cognitivos para que o indivíduo possa realizar ajustes posturais respondendo adequadamente aos desequilíbrios (JAMET *et al.*, 2007).

Na maioria das situações do cotidiano acredita-se que, para adultos saudáveis se manterem em pé, pouco ou nenhum controle de atenção consciente é necessário. No entanto quando outra tarefa é executada simultaneamente, como por exemplo, manter-se em pé enquanto conversa ou lê, acredita-se que um certo nível de atenção é necessário para integrar ou discriminar as informações sensoriais relevantes e dividir a atenção entre as diferentes tarefas (HUXHOLD *et al.*, 2006; REDFERN *et al.*, 2001; TEASDALE & SIMONEAU, 2001).

A atenção envolvida em uma tarefa pode ser automática ou ser um processo consciente e controlado de forma seletiva. Dessa maneira o processamento cognitivo de informações permite ao indivíduo direcionar o foco de atenção e integrar diversos parâmetros como ação das forças gravitacionais, posição dos segmentos corporais e características do ambiente para equilibrar-se. A atenção é direcionada para a realização de ajustes posturais necessários para manter o equilíbrio, através de mecanismos por “*feedback*” e “*feedforward*” e assim a atividade motora é controlada de forma consciente (JAMET *et al.*, 2007; MORIOKA, HIYAMIZU & YAGI, 2005).

Inúmeros estudos têm investigado como o sistema de controle postural comporta-se durante atividades simultâneas, como subtração matemática, busca visual, memória visuo-espacial, tempo de reação, tarefas motoras, entre outras tarefas duais. Tais estudos envolvem diversos tipos de população como, indivíduos amputados (GEURTS & MULDER, 1994), pacientes neurológicos (MORRIS *et al.*, 2000), com hipofunção vestibular (YARDLEY *et al.*, 2001), adulto (MAKI & MCILROY, 1996; STOFFREGEN *et al.*, 2000), idosos saudáveis (HUXHOLD *et al.*, 2006; MAYLOR & WING, 1996; TEASDALE *et al.*, 1993) e com histórico de quedas (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2000; SHUMWAY-COOK *et al.*, 1997).



Alguns autores afirmam que o controle postural em indivíduos saudáveis é automático enquanto outros estudos usando tarefas duais mostram que o controle do equilíbrio demanda um certo nível de atenção (CONDRON & HILL, 2002; GEURTS & MULDER, 1994; HUXHOLD *et al.*, 2006; LAJOIE *et al.*, 1993; MAKI & MCILROY, 1996; MARSH & GEEL, 2000; MAYLOR & WING, 1996; MORRIS *et al.*, 2000; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2000; SHUMWAY-COOK *et al.*, 1997; STOFFREGEN *et al.*, 2000; TEASDALE *et al.*, 1993; TEASDALE & SIMONEAU, 2001; YARDLEY *et al.*, 1999b).

No estudo que envolve o paradigma da tarefa dual o sujeito deverá executar uma tarefa não-postural (leitura, contagem mental) enquanto permanece em pé. Alguns autores pressupõem que, neste tipo de experimento, as funções cognitivas e o controle postural competem por uma capacidade de atenção limitada, o que compromete o desempenho em uma das tarefas (STOFFREGEN *et al.*, 2000; STOFFREGEN *et al.*, 1999). Isto é, neste tipo de situação acredita-se que a eficiência do sistema de controle postural em manter o equilíbrio é deteriorada, decorrente da reduzida demanda de atenção disponível e de um processamento cognitivo concorrente devido a execução da tarefa secundária, como por exemplo, leitura ou contagem mental, o que pode provocar um aumento na oscilação postural (BENSOUSSAN *et al.*, 2007; CONDRON & HILL, 2002; HUXHOLD *et al.*, 2006; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2000).

Vários estudos têm observado que durante as tarefas duais há uma queda na capacidade em controlar o equilíbrio, pelo aumento da oscilação postural, tanto em adultos quanto em idosos (MAYLOR & WING, 1996; MORRIS *et al.*, 2000; PELLECCIA, 2003; REDFERN *et al.*, 2001; SHUMWAY-COOK *et al.*, 1997; TEASDALE & SIMONEAU, 2001), ou ainda por uma redução no desempenho da

tarefa secundária (KERR, CONDON & MCDONALD, 1985; RILEY, BAKER & SCHMIT, 2003; TEASDALE *et al.*, 1993), isto é compatível com a idéia de competição por um processamento central de informações (RILEY, BAKER & SCHMIT, 2003). Tais comportamentos tornam-se mais evidentes quando uma restrição espacial ou sensorial é imposta durante a postura em pé, pois uma demanda maior de atenção é necessária na integração das informações sensoriais para controlar o equilíbrio (REDFERN *et al.*, 2001).

ANDERSSON, YARDLEY & LUXON (1998) e JAMET *et al.* (2004), investigaram o efeito de tarefas duais em conjunto com privação visual e/ou perturbações sensoriais (visuais e somatossensoriais) em adultos, idosos saudáveis e indivíduos de meia idade (DOUMAS, SMOLDERS & KRAMPE, 2008). Estes pesquisadores observaram que durante a tarefa dual não houve um aumento significativo da oscilação postural em adultos, enquanto em idosos houve um aumento em torno de 40% ao adicionar uma tarefa secundária, porém o desempenho na tarefa cognitiva não foi comprometido. Ao adicionar uma perturbação somatossensorial no que diz respeito aos idosos, nenhuma modificação na oscilação postural foi observada, mas o desempenho na tarefa secundária apresentou um declínio de 15%. Já durante privação da informação visual, tanto o controle do equilíbrio quanto desempenho na tarefa mental foram comprometidos de forma significativa. Tais resultados foram interpretados como uma limitação no processamento de informações das duas tarefas em idosos (ANDERSSON, YARDLEY & LUXON, 1998; DOUMAS, SMOLDERS & KRAMPE, 2008; JAMET *et al.*, 2004).

No entanto, outros estudos mostram resultados contrários no que diz respeito ao controle do equilíbrio durante a execução de uma tarefa supra-postural. Alguns

pesquisadores observaram que em certas tarefas secundárias houve uma diminuição da oscilação postural em adultos (HUNTER & HOFFMAN, 2001; SIU *et al.*, 2008; STOFFREGEN *et al.*, 2000; STOFFREGEN *et al.*, 1999) e na população idosa (KAPOULA & LE, 2006; MELZER, BENJUVA & KAPLANSKI, 2001; MORIOKA, HIYAMIZU & YAGI, 2005), enquanto MAKI & MCILROY (1996), MARSH & GEEL, (2000) e YARDLEY *et al.*, (1999a) não observaram diferenças no controle postural em adultos e idosos durante tarefas duais.

O fato do controle postural não ser afetado negativamente por uma tarefa secundária pode ser explicado, segundo alguns autores, pela quantidade de atenção automaticamente direcionada para manter o equilíbrio (MORIOKA, HIYAMIZU & YAGI, 2005; SIU *et al.*, 2008), pela disponibilidade de pistas visuais presentes na tarefa (KAPOULA & LE, 2006) ou pela redução intencional da oscilação postural com o objetivo de realizar a tarefa secundária de forma eficiente (STOFFREGEN *et al.*, 2000).

Na população idosa espera-se que o efeito das tarefas duais comprometa de forma mais significativa o controle do equilíbrio, principalmente em idosos com histórico de quedas. De modo contrário, um estudo realizado por ANDERSSON, YARDLEY & LUXON (1998) revelou que indivíduos de meia idade, com problemas de equilíbrio, apresentaram uma redução da oscilação postural durante a execução de uma tarefa secundária. Eles acreditam que a tarefa mental possa ter agido como um distrator prevenindo o indivíduo de usar informações sensoriais inadequadas ou realizar correções posturais excessivas para controlar o equilíbrio. Quando uma habilidade motora torna-se automática, direcionar a atenção para a tarefa, mais especificamente, para o controle do equilíbrio pode comprometer o desempenho dessa habilidade (ANDERSSON, YARDLEY & LUXON, 1998; SWAN, OTANI &

LOUBERT, 2007).

A interferência de tarefas supra-posturais no controle do equilíbrio tem sido demonstrada através de uma variedade de tarefas cognitivas diferentes, como por exemplo, contagem mental, memorização espacial, percepção visual, tempo de reação e busca visuo-motora (HUXHOLD *et al.*, 2006; MAKI & MCILROY, 1996; NORRIE *et al.*, 2002; REDFERN *et al.*, 2002). Portanto a variabilidade da oscilação postural (aumento ou diminuição) e a demanda de atenção dependem da natureza da tarefa (tipo de estímulo, nível de dificuldade da tarefa, restrições posturais) da disponibilidade de informações sensoriais, da capacidade de atenção e da idade. Para SWAN *et al.* (2007), manipular o nível de dificuldade da tarefa cognitiva pode contribuir para uma redução da oscilação postural em adultos.

As mudanças posturais relacionadas à idade têm sido interpretadas como uma degradação no sistema de controle postural, devido a deficiências no sistema sensorial e motor (HORAK, SHUPERT & MIRKA, 1989; WOOLLACOTT & SHUMWAY-COOK, 2002). Além disto, uma redução da atenção, devido a lentidão na velocidade de processamento mental de informações e recursos cognitivos insuficientes também contribuem para uma redução no desempenho do sistema de controle postural em idosos resultando em um aumento no risco de quedas principalmente em tarefas simultâneas (HAUER *et al.*, 2003; JAMET *et al.*, 2004).

### **3.5 Tarefas duais versus informação visual**

Estudos que investigam o paradigma da tarefa dual procuram entender como informações ou pistas visuais envolvidas nas tarefas cognitivas afetam o equilíbrio em adultos e idosos (DAULT, FRANK & ALLARD, 2001; HUNTER & HOFFMAN,

2001; MAYLOR & WING, 1996; SHUMWAY-COOK *et al.*, 1997; STOFFREGEN *et al.*, 2000; STOFFREGEN *et al.*, 1999). Deste modo, testes visuo-espaciais, como por exemplo, o Teste de *Stroop* e de *Brook* (ANDERSSON, YARDLEY & LUXON, 1998; JAMET *et al.*, 2004; MAYLOR & WING, 1996), têm sido amplamente utilizados. Estes testes consistem de uma matriz 4X4 apresentada em forma de painel contendo nomes de cores, mas pintadas com outra cor que não corresponde a palavra e o participante deverá dizer a cor cuja a palavra foi escrita (JAMET *et al.*, 2004). Uma variação deste mesmo teste consiste em uma seqüência de números e o participante deverá repetir os números na ordem apresentada (MAYLOR & WING, 1996). Ambos os testes visuo-espaciais envolvem a aquisição de informações sensoriais externas ao contrário de um teste exclusivamente de contagem mental.

Grande parte das tarefas cognitivas empregadas em estudos científicos para investigar a influência de uma tarefa secundária no controle postural, como por exemplo, subtração matemática, completar sentenças (o que envolve leitura de frases) ou tarefa de memória visuo-espacial, envolvem o uso da informação visuo-espacial.

Diversos autores observaram os efeitos de informações visuais externas no controle postural (JAMET *et al.*, 2004; MAYLOR & WING, 1996; MELZER, BENJUJA & KAPLANSKI, 2001; STOFFREGEN *et al.*, 2000; STOFFREGEN *et al.*, 1999; SWAN *et al.*, 2004). Para JAMET *et al.* (2004) os teste visuo-espaciais demandam uma fixação visual acurada e aquisição de pistas visuais que permitem ao sujeito extrair informações relevantes do ambiente. Isso contribui para a redução da oscilação postural, como observado em adultos e idosos (DAULT, FRANK & ALLARD, 2001; JAMET *et al.*, 2007; SIU & WOOLLACOTT, 2007; STOFFREGEN *et al.*, 2000; STOFFREGEN *et al.*, 1999; SWAN, OTANI & LOUBERT, 2007; SWAN *et*

*al.*, 2004; VANDER VELDE & WOOLLACOTT, 2008). No entanto, MAYLOR & WING (1996) e MELZER, BENJUJA & KAPLANSKI (2001) observaram um aumento da oscilação postural em adultos e principalmente em idosos durante tarefas supra-posturais envolvendo informações visuo-espaciais. Tal resultado poderia ser explicado pela reduzida capacidade de usar a pista visual externa no controle do equilíbrio devido à manipulação espacial de informações.

Devido à redução significativa das informações vestibulares e somatossensoriais com o avanço da idade, o sistema visual contribui de forma a compensar tal incapacidade. Porém em condições onde há redução de informações visuais ou interferência visuo-espacial, o sistema visual não é capaz de compensar a deficiência dos demais sistemas sensoriais, resultando em uma redução no desempenho da tarefa secundária e/ou um aumento na oscilação postural em idosos durante tais condições (JAMET *et al.*, 2004; MAYLOR, ALLISON & WING, 2001; MAYLOR & WING, 1996).

Durante uma tarefa supra-postural envolvendo contagem mental associada a privação visual (olhos fechados) e/ou perturbação somatossensorial, controlar o equilíbrio torna-se ainda mais crítico devido a perturbação em dois mecanismos reguladores do controle postural. Assim, um aumento significativo da oscilação postural em adultos, mas principalmente em idosos saudáveis, além de uma queda no desempenho da tarefa secundária, pode ser observada (ANDERSSON, YARDLEY & LUXON, 1998; JAMET *et al.*, 2004).

## **4 Materiais e métodos**

O presente experimento foi realizado no Laboratório de Biofísica da Escola de Educação Física e Esporte (EEFE) da Universidade de São Paulo, que possui condições e equipamentos suficientes para desenvolver o presente projeto. Os experimentos realizados não foram invasivos, apresentaram mínimo risco à saúde dos sujeitos. Antes da realização do experimento foi obtida a aprovação do comitê de ética em pesquisa da EEFE da Universidade de São Paulo.

### **4.1 Seleção da amostra**

Neste projeto foram investigados 24 indivíduos saudáveis recrutados voluntariamente divididos em dois grupos, de acordo com as diferentes faixas etárias. O grupo ADULTOS constou de 12 sujeitos, com faixa etária entre 22 e 39 anos. O grupo IDOSOS constou também de 12 participantes, com idade entre 65 e 75 anos e fisicamente ativos (freqüentadores do programa de atividade física para idosos da Escola de Educação Física e Esporte – EEFEUSP).

Para selecionar os indivíduos que não apresentassem doenças ou alterações que comprometessem o equilíbrio foi elaborada uma ficha de anamnese (ANEXO A) com o objetivo de permitir um melhor conhecimento sobre a saúde dos participantes, independência, histórico de quedas e características físicas. Foram excluídos aqueles que apresentassem alterações neurológicas, disfunções musculoesqueléticas em membros inferiores, tontura, histórico de quedas ou medicamentos que pudessem afetar o equilíbrio. Para avaliar o nível de atividade física dos sujeitos foi utilizado um questionário para adultos jovens (Baecke, ANEXO B) (BAECKE, BUREMA & FRIJTERS, 1982) e para idosos (Baecke modificado,

ANEXO C) (VOORRIPS *et al.*, 1991) em forma de entrevista de fácil aplicação. Em seguida, para avaliar a acuidade visual dos participantes foi aplicado o teste de acuidade visual de *Freiburg* (BACH, 1996) apresentado ao sujeito na tela de um computador a uma distância de 3 metros em relação ao participante. Antes de realizar qualquer procedimento os indivíduos receberam e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO D), aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

## 4.2 Instrumentos

Durante as tarefas foram registradas as forças de reação do solo e os movimentos dos segmentos corporais do sujeito. Para registrar as forças produzidas no solo pelo sujeito, os participantes permaneceram sobre uma plataforma de força (modelo OR6-2000, marca Advanced Mechanical Technology Inc., AMTI), medindo 50,8 X 46,4 cm (largura e altura, respectivamente), localizada na sala de coletas do Laboratório de Biofísica da Escola de Educação Física e Esporte da USP. A principal grandeza física obtida a partir desse equipamento foi o centro de pressão (CP). Para tanto, as forças (F) e momentos (M) registrados pela plataforma nas três direções (antero-posterior - X, médio-lateral - Y e vertical - Z) foram utilizados para calcular as posições do centro de pressão (CP) nas direções antero-posterior (AP) e médio-lateral (ML) obtidos a partir da equação 1 e 2, respectivamente :



$$CP_x = \frac{M_y}{F_z} \text{ (eq. 1)}$$

$$CP_y = \frac{M_x}{F_z} \text{ (eq. 2)}$$

A aquisição e processamento dos dados do centro de pressão (CP) foram realizados por um programa de aquisição de dados desenvolvido em ambiente de programação LabView (LabView 6.1, National Instruments, Inc.) Os registros de forças e momentos foram amplificados com um ganho de 40 mil vezes, filtrado por um filtro analógico do tipo *Butterworth*, com frequência de corte de 30 Hz e os dados foram adquiridos com uma frequência de amostragem de 100 Hz. Em seguida os dados foram armazenados em disco e analisados por programas escritos em ambiente de programação *MatLab 6.5 (Mathworks, Inc.)*

Os movimentos dos segmentos corporais do sujeito no plano sagital foram registrados utilizando uma câmera de vídeo infravermelha (*Qualisys Proreflex 240*) que faz reconhecimento passivo de marcas refletivas. Marcas passivas refletivas foram fixadas com fita adesiva dupla face nas seguintes regiões do lado direito do corpo: centro da articulação temporomandibular, acrômio da escápula, trocânter maior do fêmur, linha articular do joelho, maléolo lateral, calcâneo e cabeça do quinto metatarso (Figura 1). Outra marca refletiva foi fixada na plataforma de força para auxiliar na calibração da câmera. Os dados cinemáticos também foram adquiridos com uma frequência de amostragem de 100 Hz.

Dois computadores foram utilizados para aquisição dos dados, sendo um para os dados da plataforma e o outro para os dados cinemáticos e a aquisição dos

dados foi sincronizada por um disparador elétrico.

### **4.3 Tarefa**

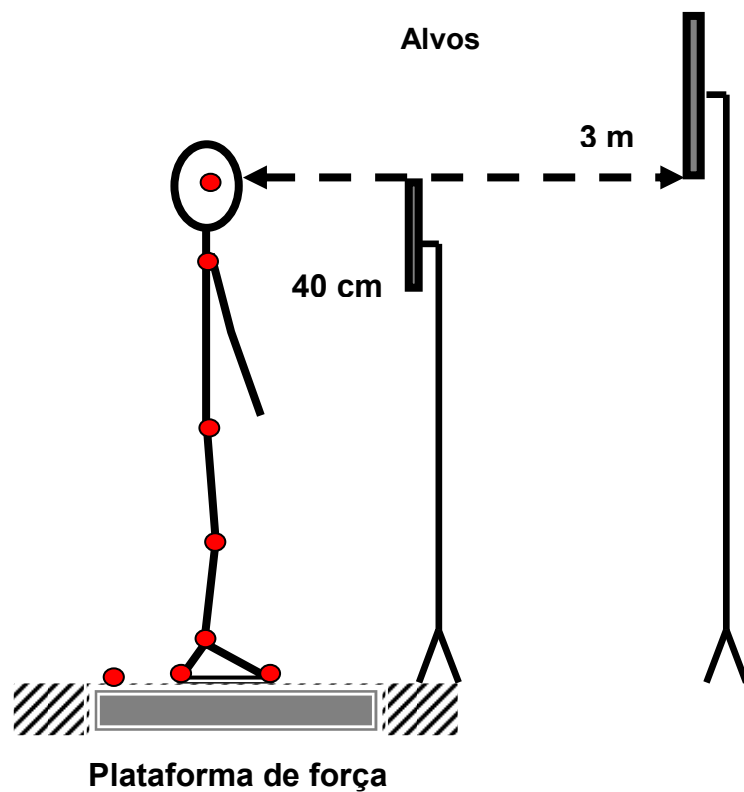
Os sujeitos foram solicitados a permanecer em pé sobre uma plataforma de força durante diferentes tipos de tarefas, com os pés afastados a uma distância de aproximadamente sua própria largura entre os ombros. O posicionamento dos pés do sujeito sobre a plataforma de força foi marcado com um giz e foi solicitado ao participante que retornasse para a mesma posição em caso de desequilíbrio, movimento entre as tentativas ou após o período de descanso.

Todos os participantes foram submetidos a dois tipos de tarefas: as tarefas chamadas controle e tarefas supra-posturais (condições experimentais) que consistiram de quatro condições, com co-variação entre o tipo de tarefa visual (alvo branco ou com texto) e a distância do alvo (perto ou longe). As tarefas controle foram realizadas com o objetivo de entender como os sujeitos foram afetados pela visão e consistiram de duas condições: uma com olhos abertos (OA) e outra com olhos fechados (OF). Os participantes foram solicitados a permanecer o mais parado possível por 70 segundos.

Durante a tarefa com alvo branco o sujeito foi solicitado a olhar para um painel totalmente branco e foi instruído a manter o olhar e a atenção dentro desse alvo. O alvo distante foi posicionado 3 metros à frente do participante e foi ajustado para que ficasse posicionado na metade superior do campo visual do sujeito. O alvo distante consistiu de um painel medindo 1.03m X 0.86m, que poderia ser branco ou com texto impresso em português, de acordo com o tipo de alvo. A altura do painel foi ajustada de acordo com a altura dos olhos do sujeito. O alvo próximo foi

posicionado a 0.4m do participante, medindo 17cm X 13.5cm, sua altura foi ajustada para cada participante de acordo com a perspectiva do sujeito de modo que a margem superior do alvo próximo ao sujeito ficasse alinhada com a margem inferior do alvo distante. Para garantir o mesmo ângulo visual das letras individualmente em ambas as distâncias e minimizar os ajustes visuais, o alvo próximo com texto foi confeccionado usando uma fonte com tamanho 14, do tipo Avant Garde contendo 14 linhas de texto e o alvo distante com fonte tamanho 90. O sujeito realizou quatro tarefas de acordo com a distância e o tipo de alvo (alvo perto e longe completamente branco; alvo perto e longe contendo o texto) executadas randomicamente. Foram realizadas três tentativas para cada condição. Com relação a tarefa controle, durante a condição olhos abertos (OA) os sujeitos foram instruídos a apenas olhar para uma parede localizada 3 metros a sua frente. Na condição OF foi solicitado ao sujeito que fechasse os olhos. A duração de cada tentativa foi de 70 segundos. A cada quatro tarefas os sujeitos tiveram um período de descanso de aproximadamente 2 minutos para evitar fadiga.

Durante a tarefa contendo o texto os sujeitos foram solicitados a contar a frequência de uma determinada letra e para cada tentativa foram usadas letras diferentes: A, E, O, N, S e R. Se o sujeito terminasse de contar as letras antes do termino da tarefa, eles eram instruídos a retornar ao início do texto e continuar a contagem da frequência total de letras. Ao final de cada tentativa foi solicitado ao sujeito dizer onde eles chegaram no texto e o número de letras que conseguiram detectar. O número de letras presentes no texto variaram de 44 a 97.



**FIGURA 1** – Desenho representando a posição do participante, localização das marcas refletivas nos segmentos corporais e disposição dos alvos.

#### 4.4 Análise de dados

A partir dos dados brutos da cinemática e da plataforma de força, toda as análises foram conduzidas por rotinas próprias escritas em ambiente de programação *Matlab* (*Matlab* 6.5, *Mathworks*). Os primeiros e últimos 5 segundos dos dados cinemáticos e do sinal do CP foram descartados após o processo de filtragem do sinal para todas as tarefas. Os dados foram filtrados com um filtro de quarta ordem, do tipo passa-baixa *Butterworth*, com uma frequência de corte de 10 Hz. O valor médio e a tendência do sinal do CP em cada direção foram removidos dos dados.

A análise global foi realizada nos dados do CP para determinar a raiz quadrática média (RMS), velocidade média e frequência mediana do deslocamento do CP nas direções antero-posterior (AP) e médio-lateral (ML). A velocidade do CP foi calculada dividindo o deslocamento total do CP pelo período. As frequências do sinal do centro de pressão foram estimadas calculando-se a densidade espectral de potência pelo periodograma de *Welch* (função *PSD* no *Matlab*), com janelamento *Hamming* de comprimento 30s (3000 dados), sobreposição de 15s (1500 dados) e remoção de tendência linear em cada janela (função *detrend* do *Matlab*) o que resultou numa resolução espectral de 0.033 Hz. Para melhor visualização das curvas de densidade espectral de potência, as curvas de cada sujeito foram normalizadas pela potência total do espectro (a área sob a curva de densidade espectral de potência) e então foram calculadas as curvas médias para cada grupo.

Para os dados cinemáticos, os deslocamentos das marcas posicionadas na cabeça, ombro, quadril e joelho foram calculados pela raiz quadrática média (RMS) de tais marcas na direção antero-posterior (AP).

O desempenho visual foi avaliado em termos de acurácia de busca visual por letras. A acurácia foi determinada pela diferença entre o número de letras contadas e número de letras presentes no texto que deveriam ser identificadas. A porcentagem de acerto foi calculada dividindo a frequência total de letras contadas pela frequência de letras que deveriam ser observadas pelo sujeito.

#### **4.6 Análise estatística**

A análise estatística descritiva envolveu medidas de tendência central e variabilidade. A Normalidade e homogeneidade das variâncias foram verificadas

utilizando os testes *Kolmogorov-Smirnov* e *Lilliefors*, respectivamente. Teste-T independente bicaudal foi utilizado para determinar diferenças entre grupos para as seguintes variáveis: massa corporal, estatura, idade, acuidade visual e desempenho visual. A análise de variância (ANOVA) “*one-way*” foi empregada para comparar os resultados do questionário de *Baecke* entre grupos. Para as condições controle a análise de variância (ANOVA) foi utilizada, tendo como fator idade (ADULTOS versus IDOSOS) e condição visual (olhos abertos versus olhos fechados), sendo o último fator considerado medida repetida; as variáveis dependentes analisadas foram RMS, velocidade média e frequência mediana do deslocamento do CP; deslocamento da cabeça, ombro, quadril e joelho. Para as tarefas experimentais, a análise foi realizada utilizando a média das três tentativas de cada sujeito e a análise de variância (ANOVA) foi utilizada, tendo como fator idade (ADULTOS versus IDOSOS), tarefa de demanda visual (alvo com texto versus alvo branco) e distância (alvo perto versus longe), (2x2x2). Os dois últimos fatores foram considerados medidas repetidas e as mesmas variáveis dependentes foram analisadas. O teste *post Hoc Sidak* foi empregado. Um nível de significância 0.01 foi utilizado para todos os testes estatísticos, que foram realizados utilizando o programa *SPSS* (versão 13.0).

## 5 Resultados

A tabela 1 apresenta os valores de médias e desvios padrões para as variáveis idade, estatura, massa e acuidade visual para os grupos ADULTOS e IDOSOS. Houve diferença entre grupos apenas para idade ( $t(22)=-24.69$ ,  $p<0.001$ ). Ambos os grupos apresentaram massa, estatura e acuidade visual similar.

**TABELA 1- Características da amostra**

<i>AMOSTRA</i>	<i>Idade (anos)</i>	<i>Estatura (cm)</i>	<i>Massa (Kg)</i>	<b>Acuidade Visual</b>
ADULTOS	26,6 ± 4,8	1,63 ± 0,06	63 ± 8	1,7 ± 0,4
IDOSOS	67,4 ± 3	1,64 ± 10	74 ± 15	1,6 ± 0,3

O questionário de *Baecke* foi analisado apenas quanto às atividades físicas e de lazer. As atividades ocupacionais não foram avaliadas. A soma dos escores de atividade física regular e de lazer foi comparada à soma dos escores máximos que poderiam ser obtidos naquelas questões para cada tipo de questionário. O grupo ADULTOS apresentou um valor médio de 38% ( $\pm 6\%$ ) do escore total do questionário *Baecke* enquanto o grupo IDOSOS apresentou um valor médio de 31% ( $\pm 7\%$ ) do escore total do questionário modificado para idosos. ANOVA não revelou diferença entre grupos quanto à prática de atividade física regular e de lazer ( $F(1,22) = 3.68$ ,  $p=0.06$ ).

## 5.1 Tarefa supra-postural: efeito na oscilação postural

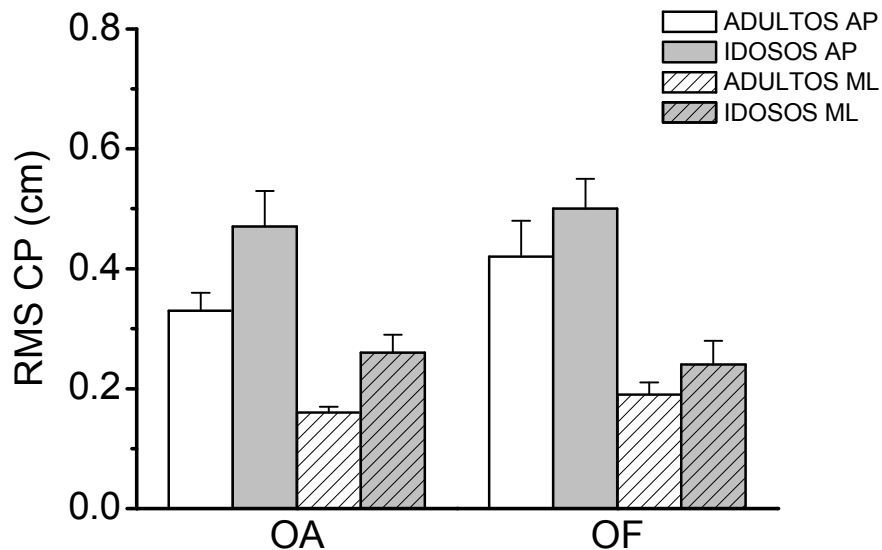
*Desempenho visual:* Todos os participantes foram capazes de realizar a tarefa de contagem mental de letras. A porcentagem média de letras contadas corretamente durante a tarefa de busca visual foi  $91.1 \pm 5.1$  % para o grupo ADULTOS e  $87.5 \pm 7.1$  % para o grupo IDOSOS. O teste-t revelou que não houve diferenças entre os grupos ( $t(22)=1.42$ ,  $p=0.16$ ). No entanto, ao analisar o número de letra que os participantes conseguiram contar durante as tentativas, o grupo IDOSOS foi mais lento ao contar letras (Adultos:  $62 \pm 2$  letras, Idosos:  $50 \pm 4$  letras;  $t(22)= 7.67$ ,  $p<0.001$ ).

## 5.2 Condições olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF): efeito na oscilação postural

Em relação às condições olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF), de modo geral o grupo IDOSOS apresentou uma maior oscilação postural quando comparado ao grupo ADULTOS e a oscilação foi maior durante a condição OF. As figuras 2 a 4 mostram médias e erros padrões do deslocamento, velocidade média e frequência mediana do CP respectivamente, nas direções antero-posterior (AP) e médio-lateral (ML) para as condições olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF). A análise de variância (ANOVA) revelou efeito principal da idade para a velocidade do CP na direção AP ( $F(1,22)=19.9$ ,  $p<0.001$ ) e houve também um efeito da visão para a mesma variável ( $F(1,22)= 35.7$ ,  $p<0.001$ ). Houve uma interação significativa entre idade e visão para a velocidade do CP na direção AP ( $F(1,22)=9.7$ ,  $p=0.005$ ). O teste *Post hoc* revelou que os participantes idosos apresentaram uma velocidade no



deslocamento do CP significativamente maior que os adultos em ambas as condições visuais ( $p < 0.001$ ) e que apenas o grupo IDOSOS apresentou valores de velocidade do CP significativamente altos na condição olhos fechados (OF) em relação à condição olhos abertos (OA) ( $p < 0.001$ ). A análise de variância (ANOVA) revelou um efeito principal da visão para a velocidade do CP na direção ML (OA=  $0.34 \pm 0.01$  cm/s, OF=  $0.39 \pm 0.02$  cm/s;  $F(1,22)=11.6, p=0.003$ ).



**FIGURA 2 –** Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento (cm) do centro de pressão (CP) nas direções anterior-posterior (AP) e médio-lateral (ML) para as duas condições visuais, olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF).

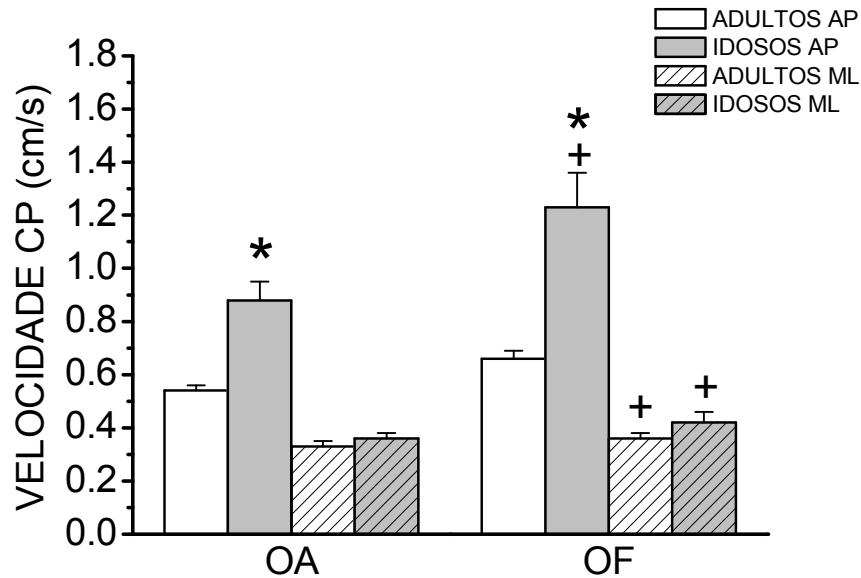


FIGURA 3 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da velocidade (cm/s) do deslocamento do centro de pressão (CP) nas direções anterior-posterior (AP) e médio-lateral (ML) para as duas condições visuais, olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF). Diferenças \*entre grupos e + entre condições visuais dentro dos grupos, ( $p < 0.01$ ).

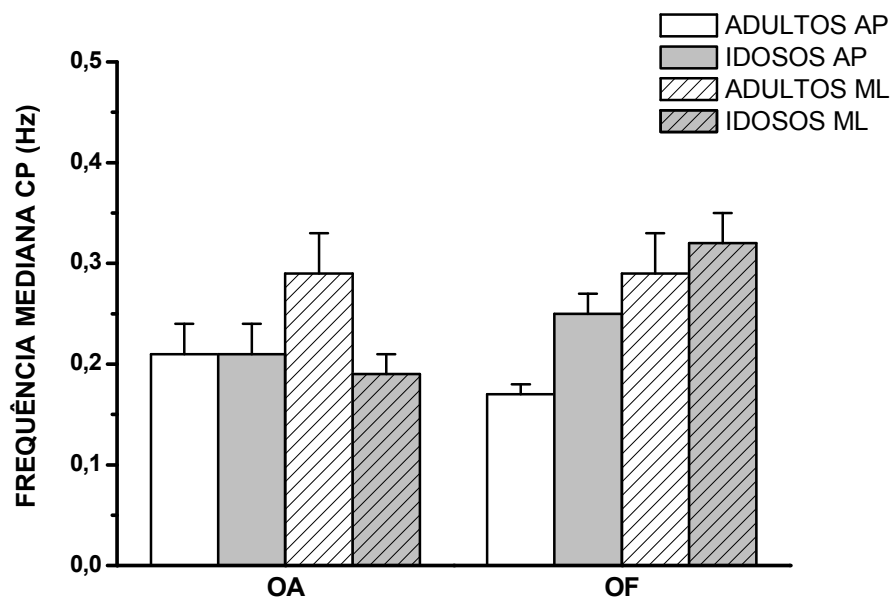
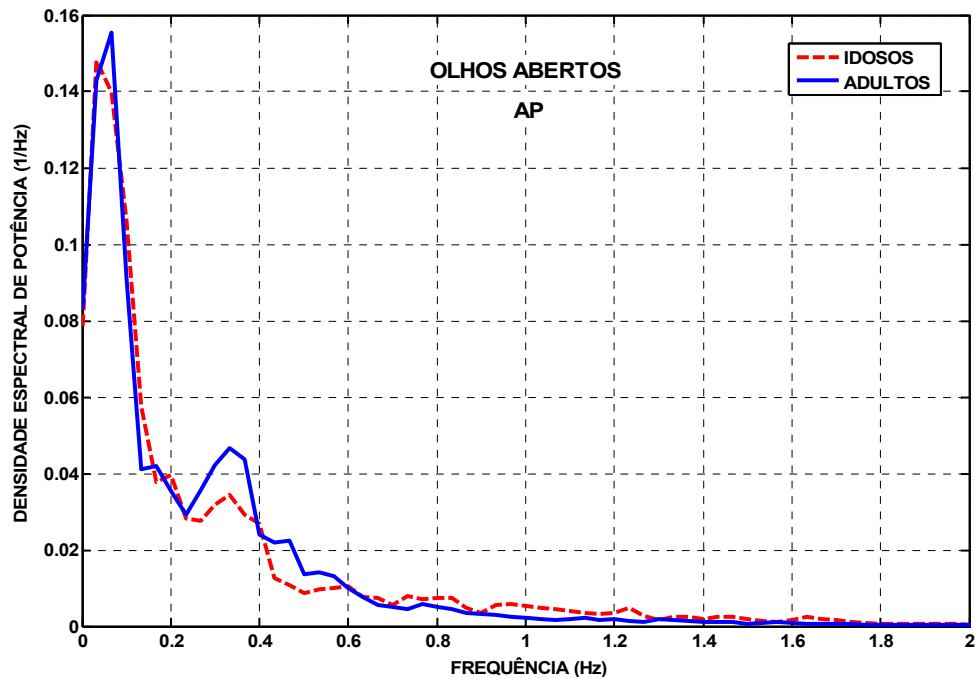


FIGURA 4 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência mediana (Hz) do deslocamento do centro de pressão (CP) nas direções anterior-posterior (AP) e médio-lateral (ML) para as duas condições visuais, olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF).

Nas figuras 5 a 8 são apresentadas as densidades espectrais de potência do deslocamento do CP para as condições controle olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF), nas direções antero-posterior (AP) e médio-lateral (ML), para ambos os grupos.



**FIGURA 5 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do deslocamento do centro de pressão (CP) na direção antero-posterior (AP), durante a condição olhos abertos (OA).**

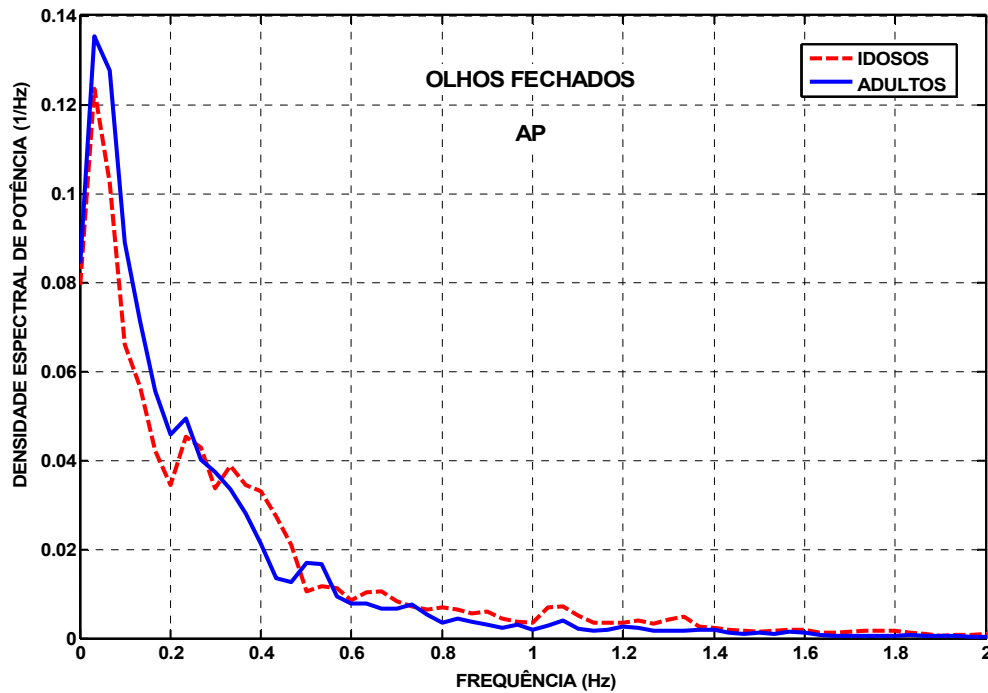


FIGURA 6 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da freqüência (Hz) do deslocamento do centro de pressão (CP) na direção artero-posterior (AP), durante a condição olhos fechados (OF).

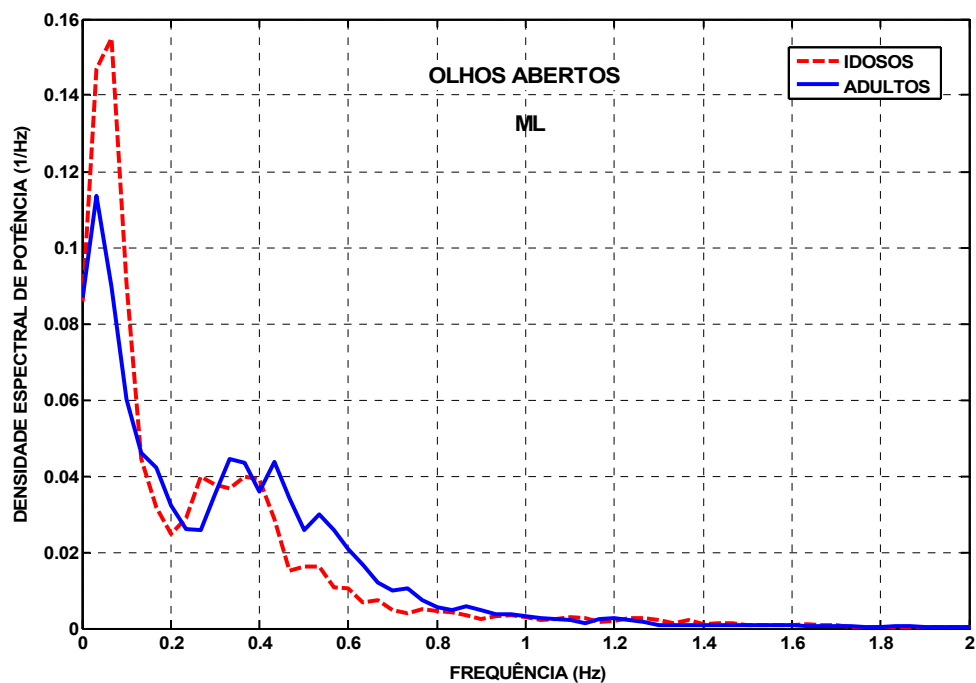
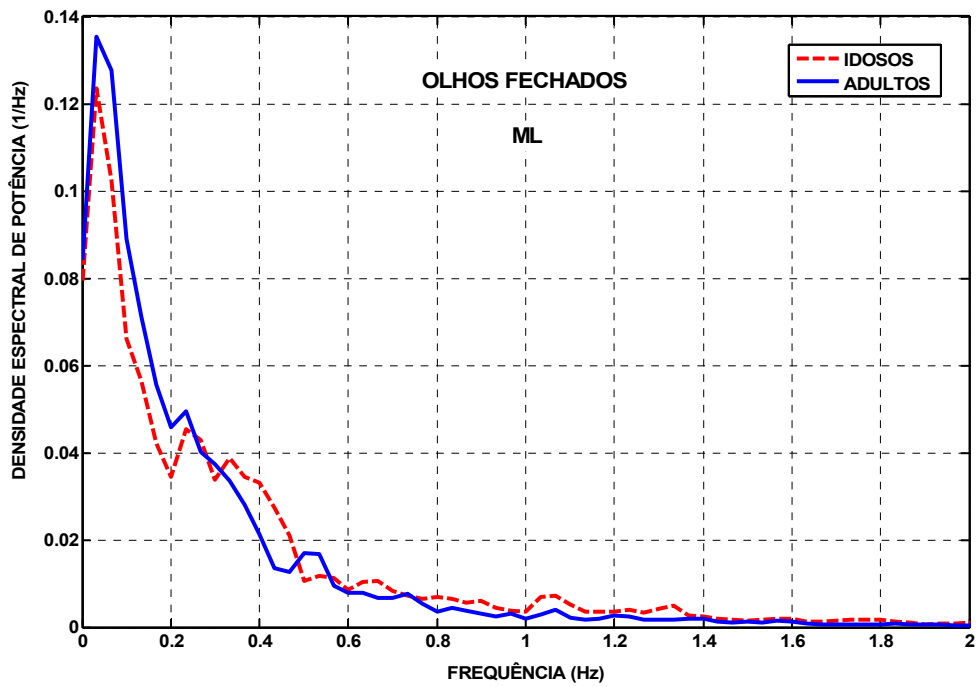


FIGURA 7 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da freqüência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML) durante a condição olhos abertos (OA).



**FIGURA 8 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do deslocamento do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML), durante a condição olhos fechados (OF).**

As figuras de 9 a 12 mostram médias e erros padrões dos deslocamentos da cabeça, ombro, quadril e joelho na direção antero-posterior (AP), durante as condições olhos abertos (OA) e fechados (OF) para ambos os grupos. A análise de variância (ANOVA) não revelou efeito dos fatores condição visual e idade.

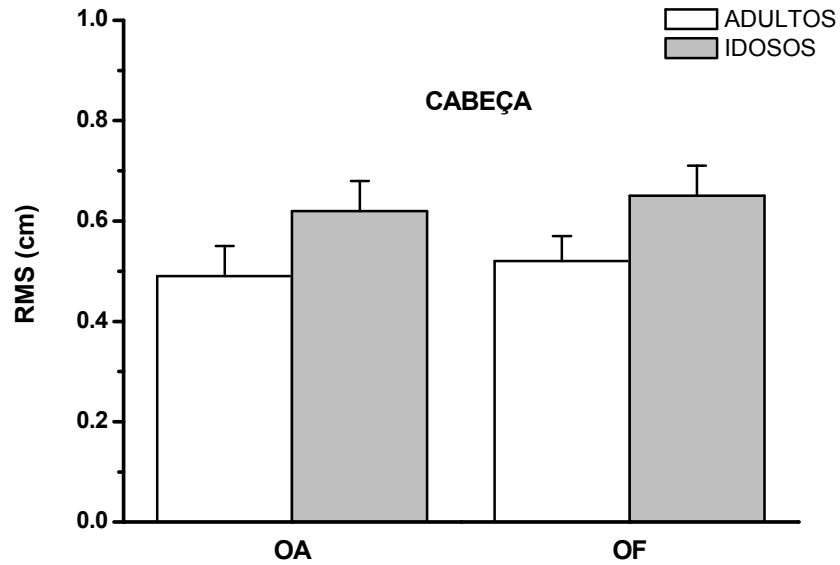


FIGURA 9 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento da cabeça (cm) na direção antero-posterior (AP) durante as duas condições visuais olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF).

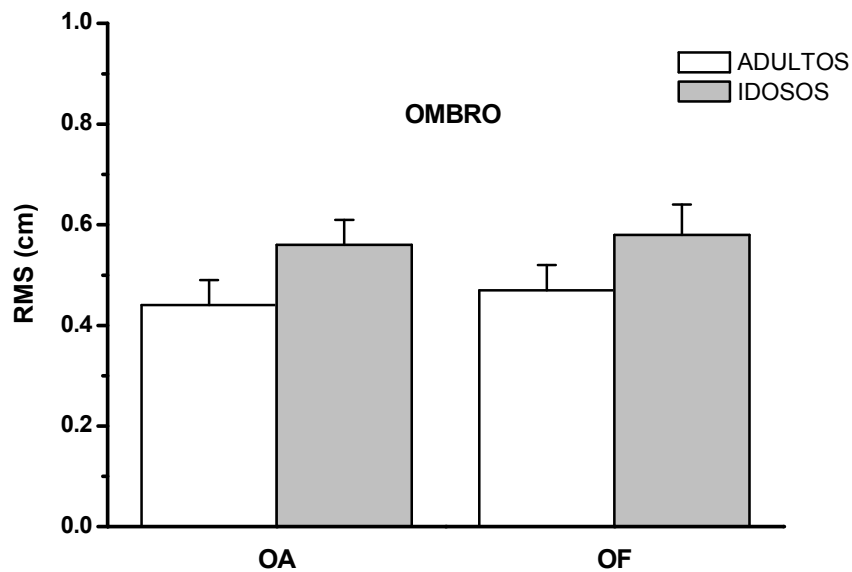


FIGURA 10 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento do ombro (cm) na direção antero-posterior (AP) para as duas condições visuais olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF).

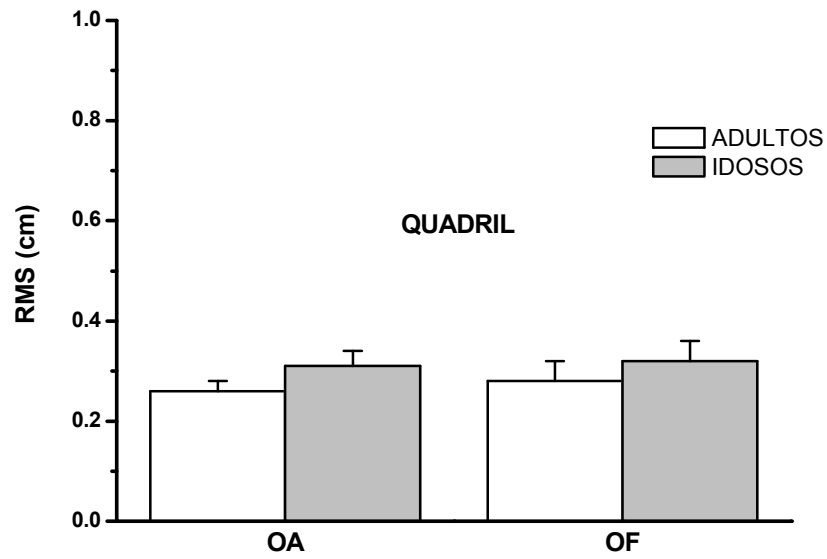


FIGURA 11 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento do quadril (cm) na direção antero-posterior (AP) para as duas condições visuais olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF).

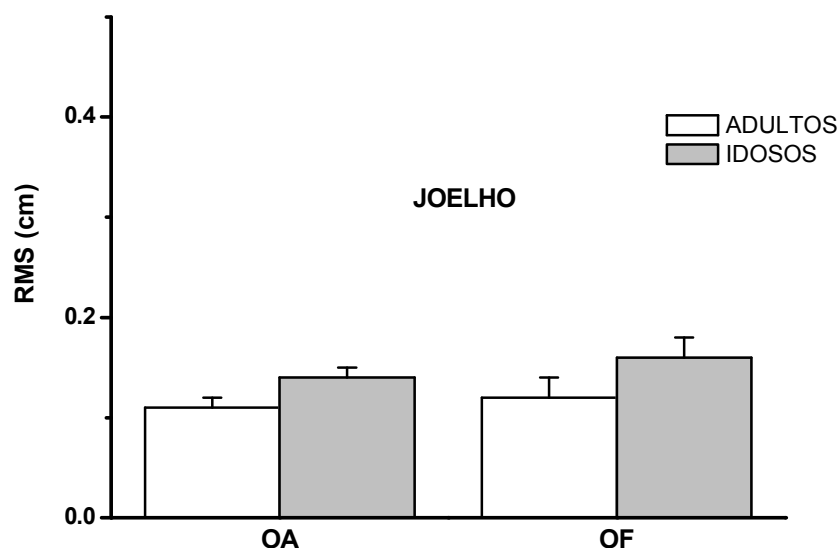


FIGURA 12 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento do joelho (cm) na direção antero-posterior (AP) para as duas condições visuais olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF).

### 5.3 Condições experimentais: efeito na oscilação postural

*Efeito da idade:* O grupo IDOSOS apresentou maior oscilação postural que o grupo ADULTOS. As figuras 13 a 18 mostram médias e erros padrões das variáveis RMS, velocidade média e frequência mediana do deslocamento do centro de pressão (CP) respectivamente, nas direções antero-posterior (AP) e médio-lateral (ML) para as condições experimentais. A análise de variância (ANOVA) revelou efeito principal da idade para a RMS do centro de pressão na direção ML (Adultos= $0.14\pm 0.02$  cm, Idosos = $0.23\pm 0.02$  cm;  $F(1,22)= 7.6$ ,  $p=0.01$ ) e para a velocidade do CP na direção AP (Adultos:  $0.50\pm 0.04$  cm/s, Idosos:  $0.69\pm 0.04$  cm/s;  $F(1,22)= 9.0$ ,  $p=0.007$ ).

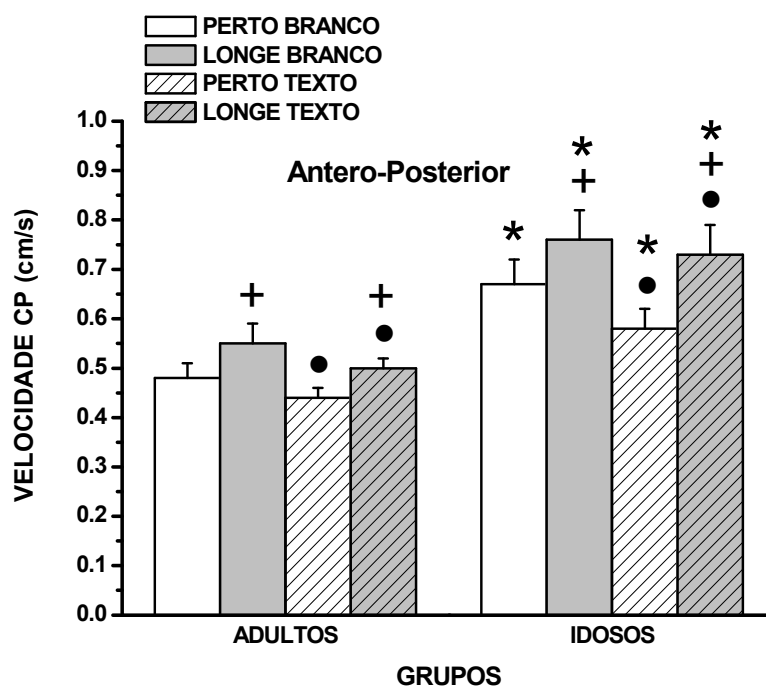


FIGURA 13 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da velocidade (cm/s) do deslocamento do centro de pressão (CP) na direção anterior-posterior (AP) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças \* entre grupos, + entre fator distância dentro dos grupos e • entre fator alvo dentro dos grupos ( $p < 0.01$ ).



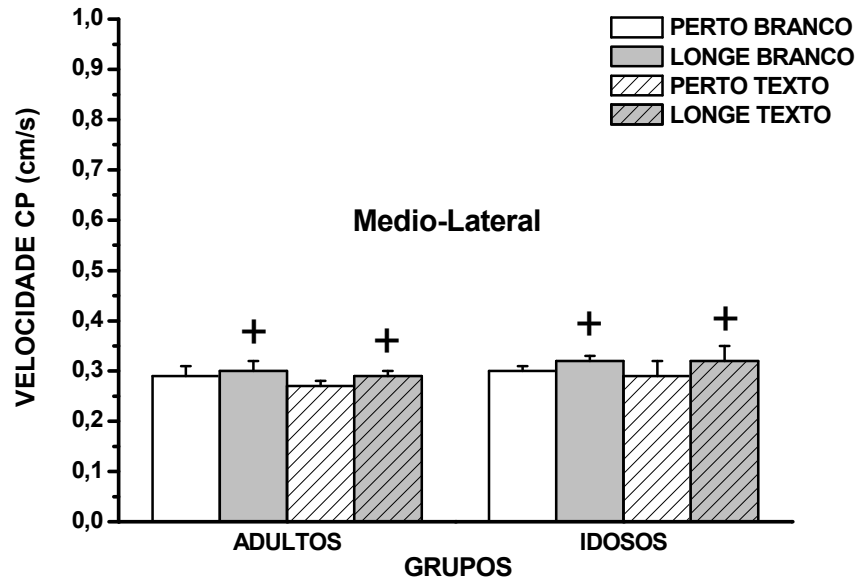


FIGURA 14 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da velocidade (cm/s) do deslocamento do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças <sup>+</sup> entre fator distância dentro dos grupos ( $p < 0.01$ ).

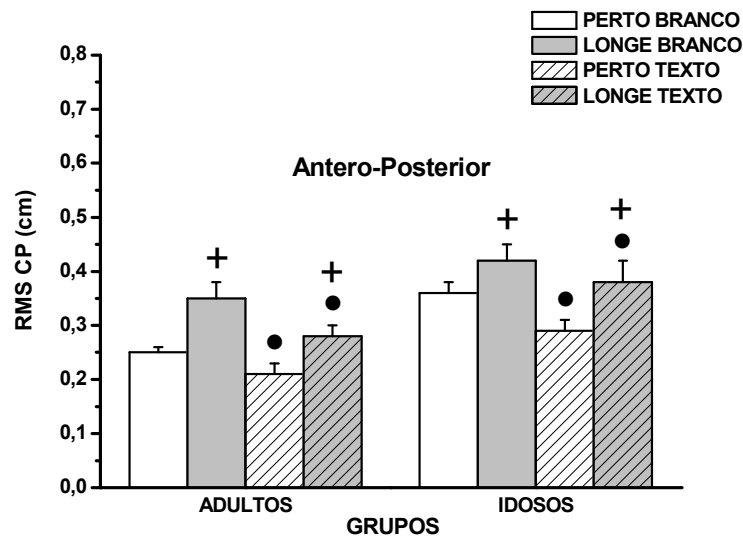
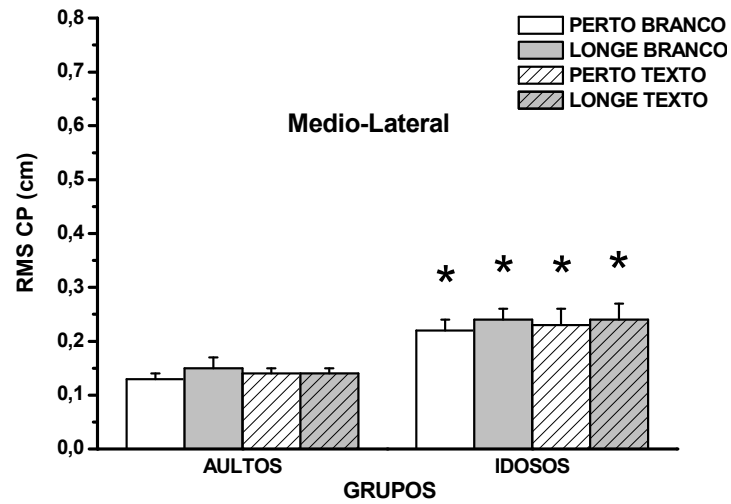


FIGURA 15 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento (cm) do centro de pressão (CP) na direção anterior-posterior (AP) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças <sup>+</sup> entre fator distância dentro dos grupos e <sup>•</sup> entre fator alvo dentro dos grupos ( $p < 0.01$ ).



**FIGURA 16 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento (cm) do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças \*entre grupos ( $p < 0.01$ ).**

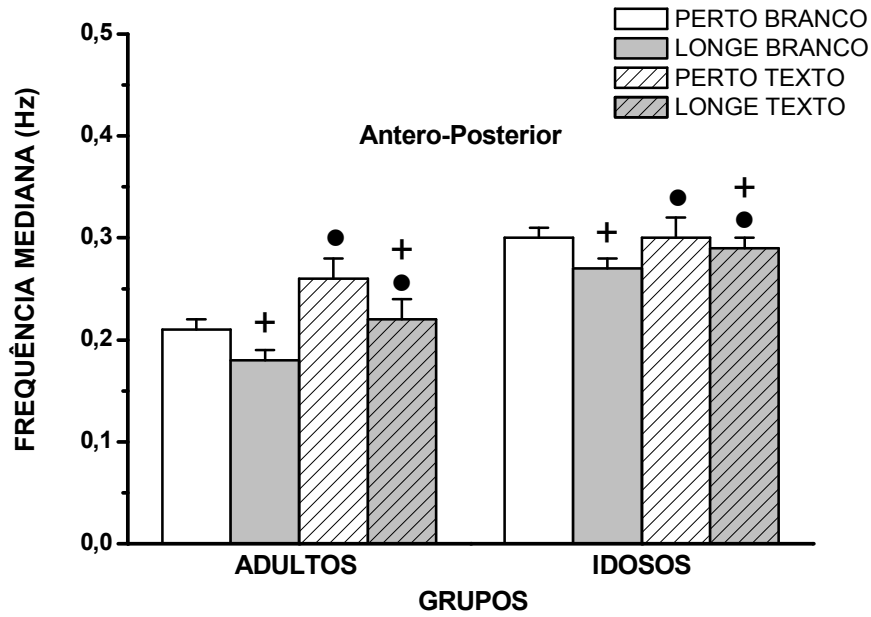


FIGURA 17 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência mediana (Hz) do centro de pressão (CP) na direção antero-posterior (AP) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças <sup>+</sup> entre fator distância dentro dos grupos e <sup>•</sup> entre fator alvo dentro dos grupos ( $p < 0.01$ ).

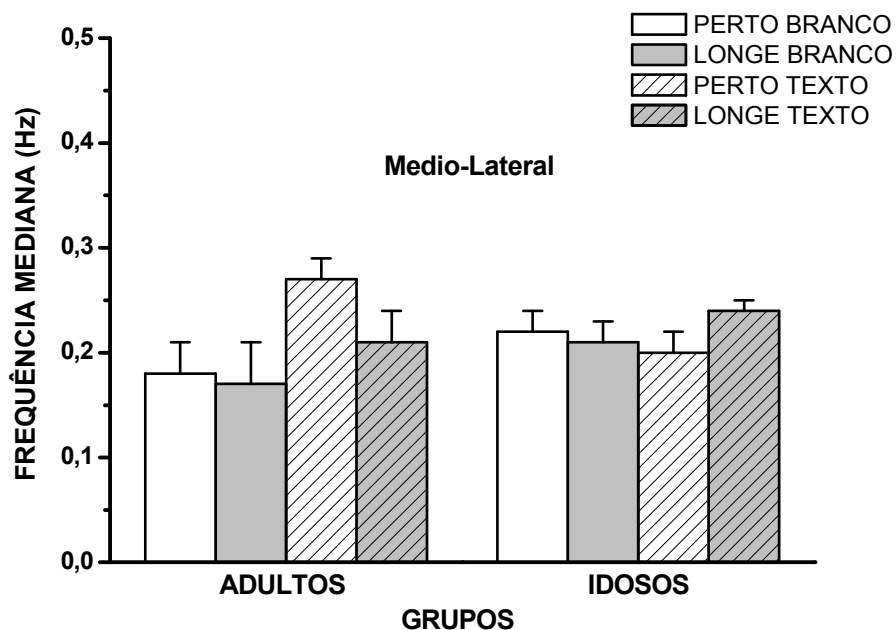
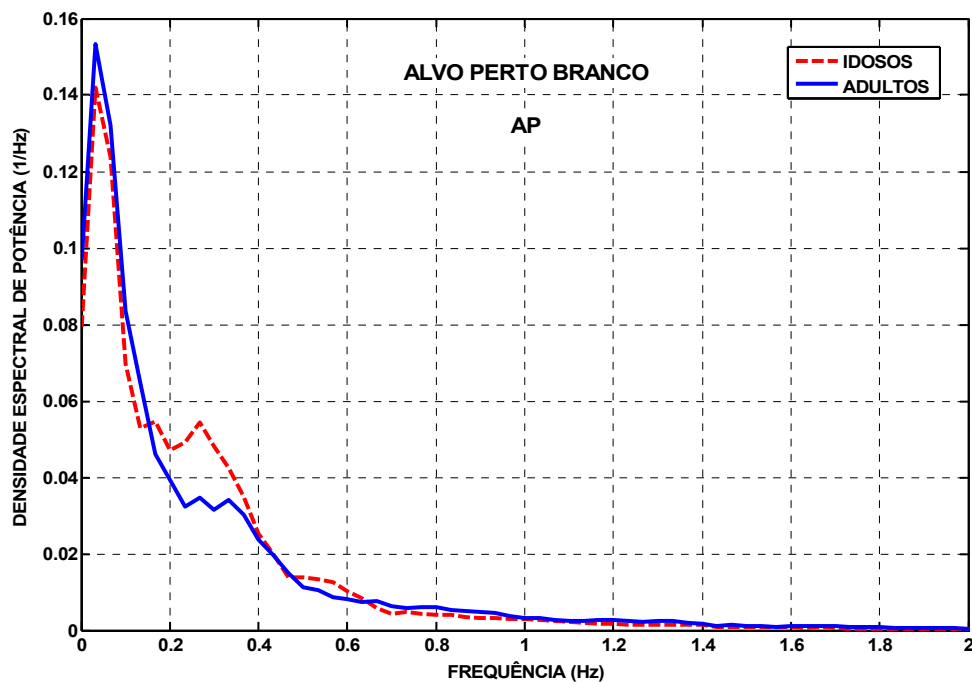


FIGURA 18 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência mediana (Hz) do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto).

A seguir são apresentadas as figuras 19 a 22 que representam as densidades espectrais de potência do deslocamento do CP, na direção antero-posterior (AP) para todas as condições experimentais, alvo perto branco (PB), alvo perto texto (PT), alvo longe branco (LB) e alvo longe texto (LT), para ambos os grupos. Pode-se observar que tanto durante a apresentação do alvo com maior demanda visual (com texto), quanto do alvo mais próximo houve um aumento no espectro de potência na faixa das altas frequências (em torno de 0,3 – 0,4 Hz), o que pode explicar o aumento da frequência mediana do deslocamento do centro de pressão durante estas condições para ambos os grupos.



**FIGURA 19 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção antero-posterior (AP) durante a condição experimental alvo perto branco (PB).**

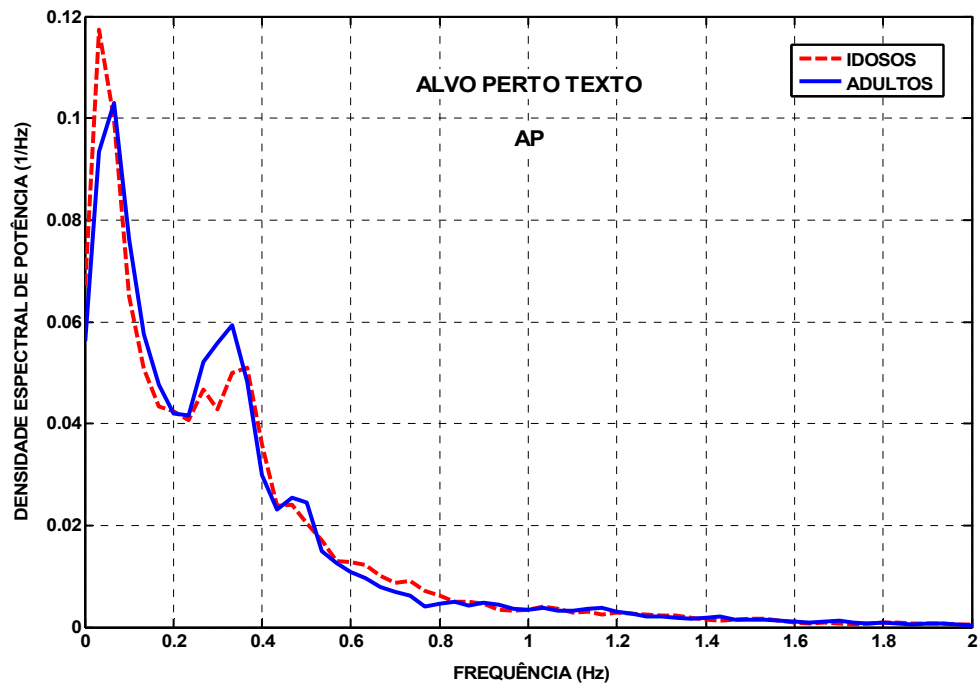


FIGURA 20 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção artero-posterior (AP) durante a condição experimental alvo perto texto (PT).

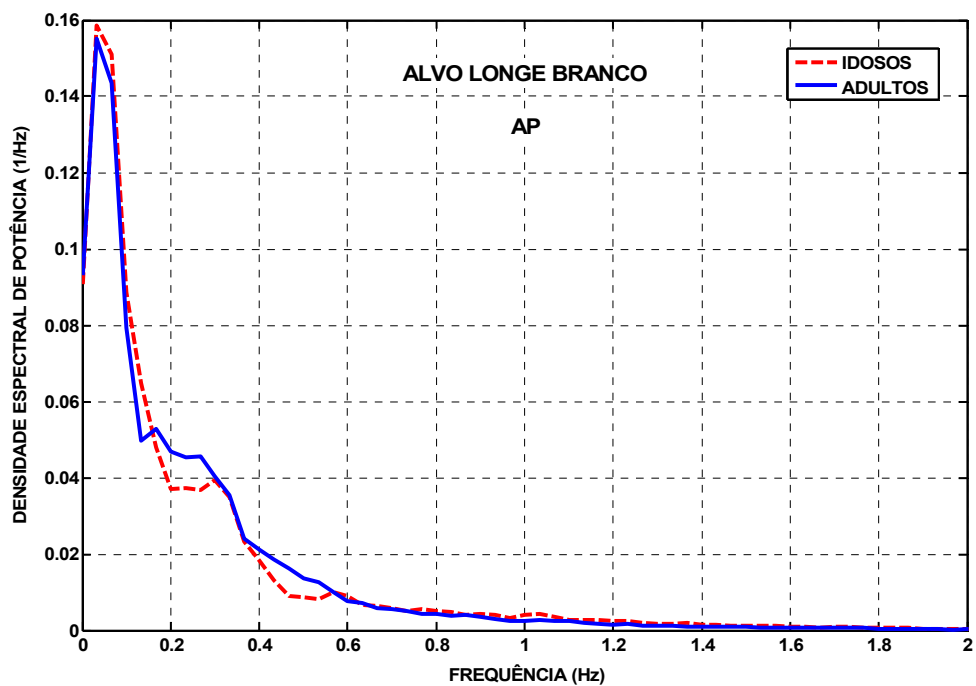
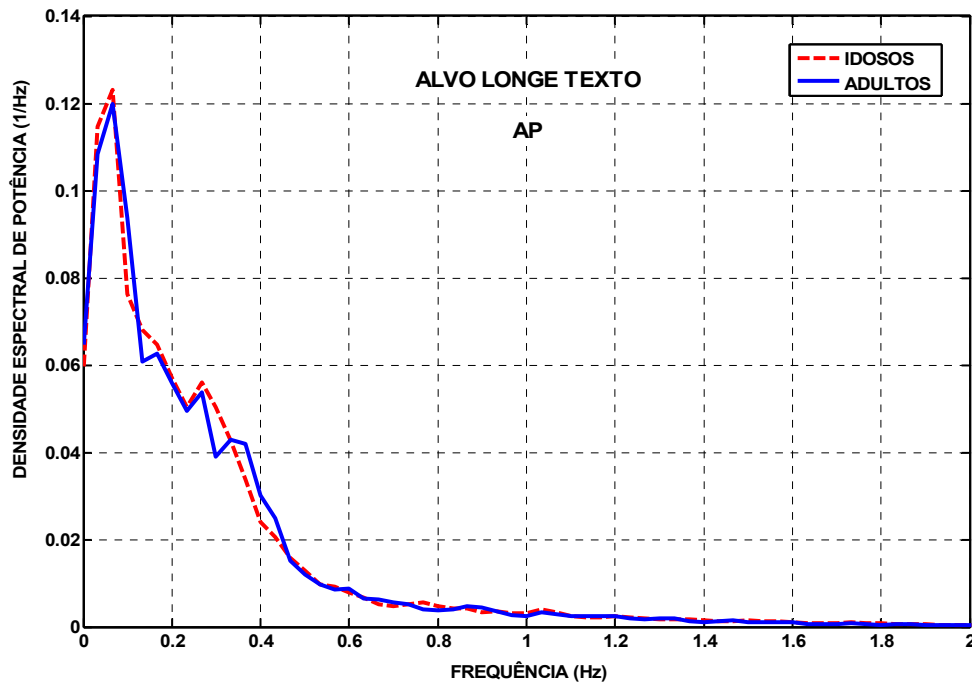
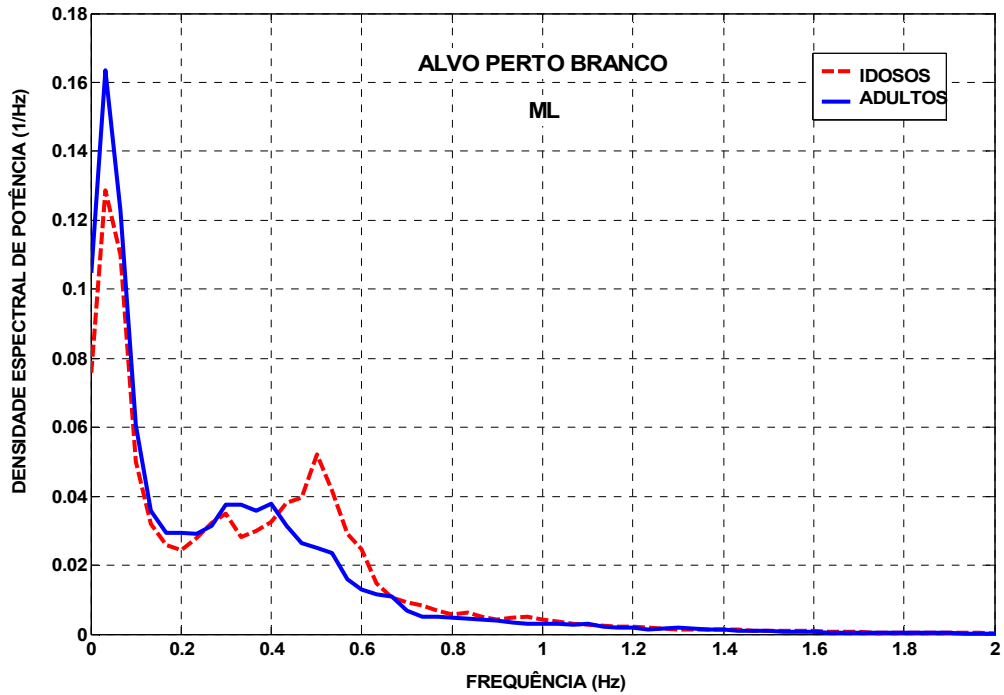


FIGURA 21 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção artero-posterior (AP) durante a condição experimental alvo longe branco (LB).

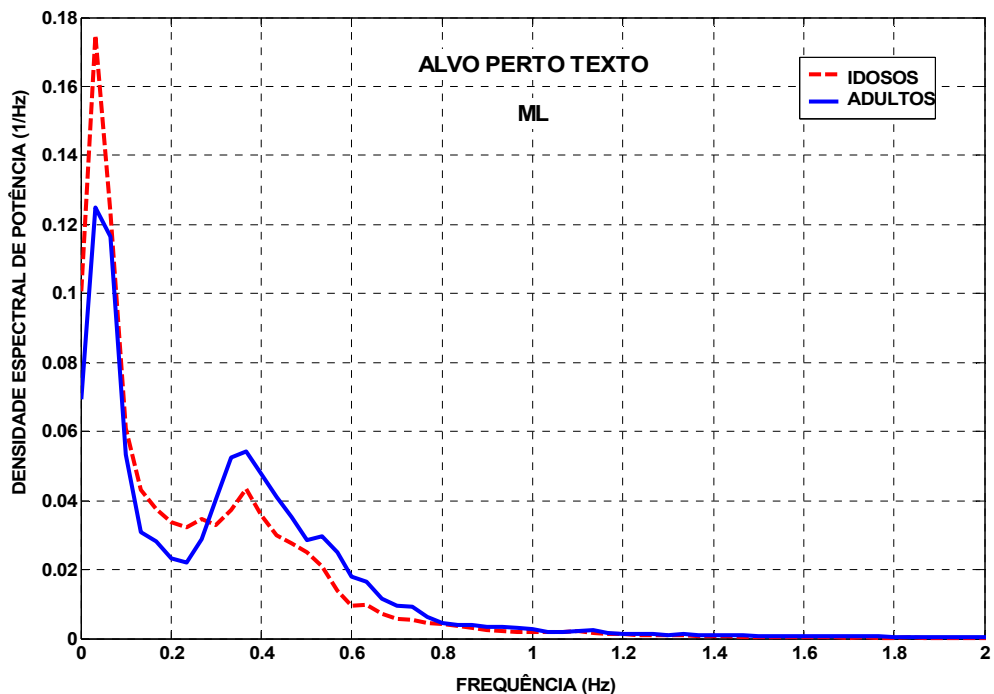


**FIGURA 22 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção artero-posterior (AP) durante a condição experimental alvo longo texto (LT).**

Nas figuras 23 a 26 são apresentadas as densidades espectrais de potência do deslocamento do CP, na direção médio-lateral (ML) para todas as condições experimentais, alvo perto branco (PB), alvo perto texto (PT), alvo longe branco (LB) e alvo longo texto (LT), para ambos os grupos.



**FIGURA 23** – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML) durante a condição experimental alvo perto branco (PB).



**FIGURA 24** – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML) durante a condição experimental alvo perto texto (PT).

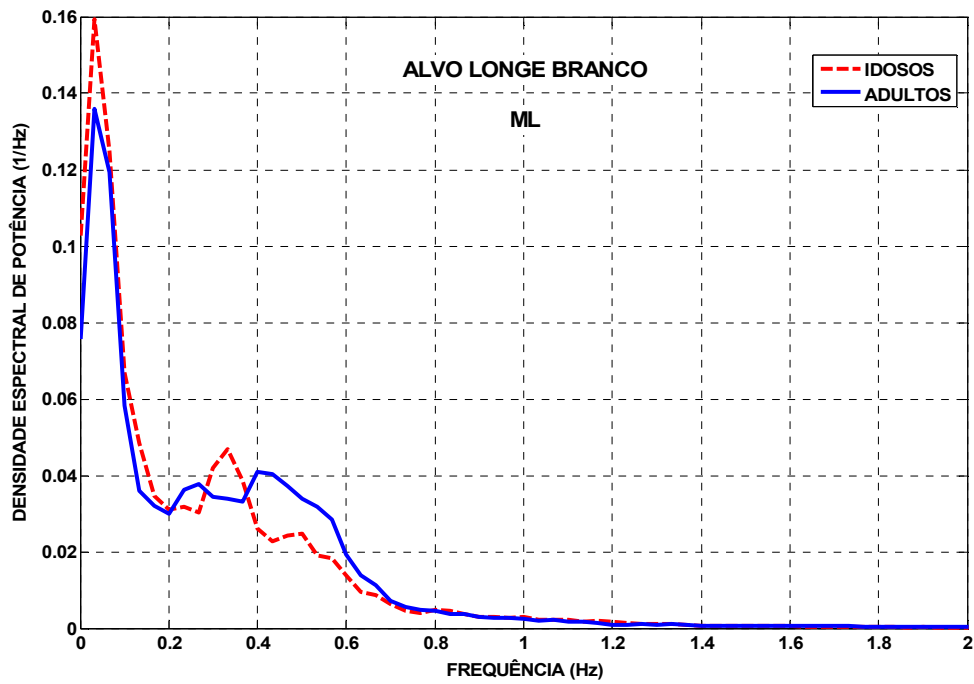


FIGURA 25 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML) durante a condição experimental alvo longe branco (LB).

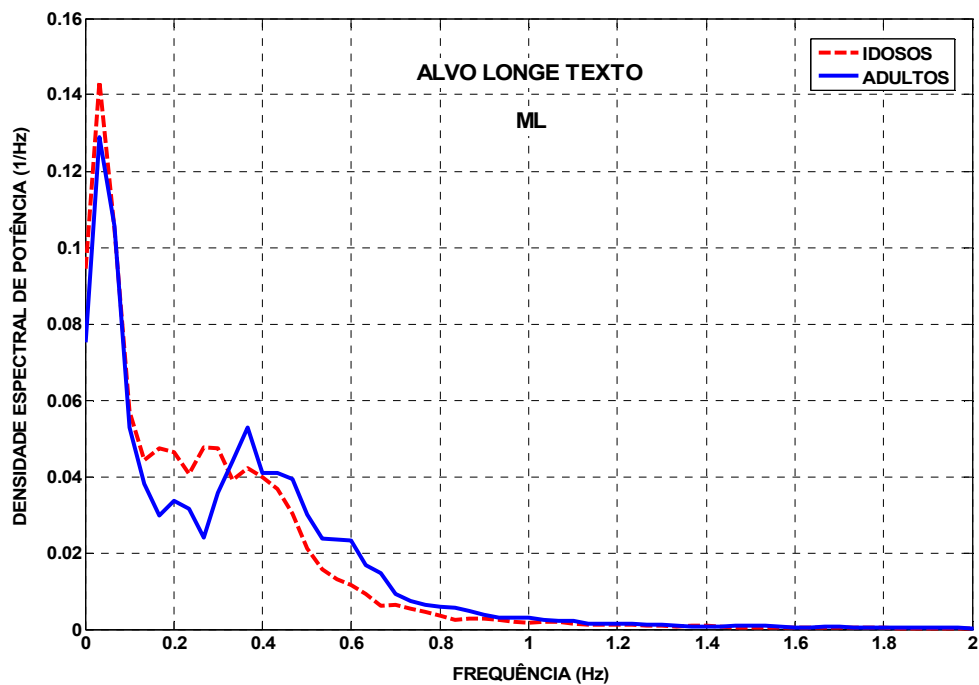


FIGURA 26 – Densidade espectral de potência para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) da frequência (Hz) do centro de pressão (CP) na direção médio-lateral (ML) durante a condição experimental alvo longe texto (LT).



*O efeito da distância do alvo:* Para as variáveis do CP e cinemáticas, a oscilação postural diminuiu durante a tarefa com alvo próximo quando comparado a oscilação durante a visualização do alvo mais distante, para ambos os grupos. As figuras 13 a 18 mostram valores de médias e erros padrões das variáveis RMS, velocidade média e frequência mediana do deslocamento do centro de pressão (CP) respectivamente, para as direções antero-posterior (AP) e médio-lateral (ML) durante as quatro condições experimentais. Houve efeito principal da distância do alvo para o deslocamento (RMS) do CP na direção AP (alvo perto= $0.28 \pm 0.01$  cm, alvo longe= $0.36 \pm 0.02$ ;  $F(1,22)=36.8$ ,  $p < 0.001$ ), para a velocidade do CP na direção AP (alvo perto= $0.55 \pm 0.02$  cm/s, alvo longe= $0.64 \pm 0.03$  cm/s;  $F(1,22)=44.2$ ,  $p < 0.001$ ) e na direção ML (alvo perto= $0.29 \pm 0.01$  cm/s, alvo longe= $0.31 \pm 0.01$  cm/s;  $F(1,22)=26.0$ ,  $p < 0.001$ ) e para a frequência mediana do deslocamento do CP na direção AP (alvo perto= $0.23 \pm 0.01$  cm/s, alvo longe= $0.19 \pm 0.01$  cm/s;  $F(1,22)=12.8$ ,  $p = 0.002$ ). As figuras 27 a 30 mostram valores de médias e erros padrões dos deslocamentos da cabeça, ombro, quadril e joelho respectivamente, na direção antero-posterior (AP) durante as quatro condições experimentais. Houve também efeito principal da distância do alvo nos deslocamentos da cabeça (alvo perto= $0.37 \pm 0.01$  cm, alvo longe= $0.49 \pm 0.02$  cm;  $F(1,22)=54.2$ ,  $p < 0.001$ ), ombro (alvo perto= $0.33 \pm 0.02$  cm, alvo longe= $0.44 \pm 0.02$  cm;  $F(1,22)=62.0$ ,  $p < 0.001$ ), quadril (alvo perto= $0.20 \pm 0.02$  cm, alvo longe= $0.26 \pm 0.02$  cm;  $F(1,22)=50.5$ ,  $p < 0.001$ ) e do joelho (alvo perto= $0.10 \pm 0.01$  cm, alvo longe= $0.12 \pm 0.01$  cm;  $F(1,22)=22.2$ ,  $p < 0.001$ ).

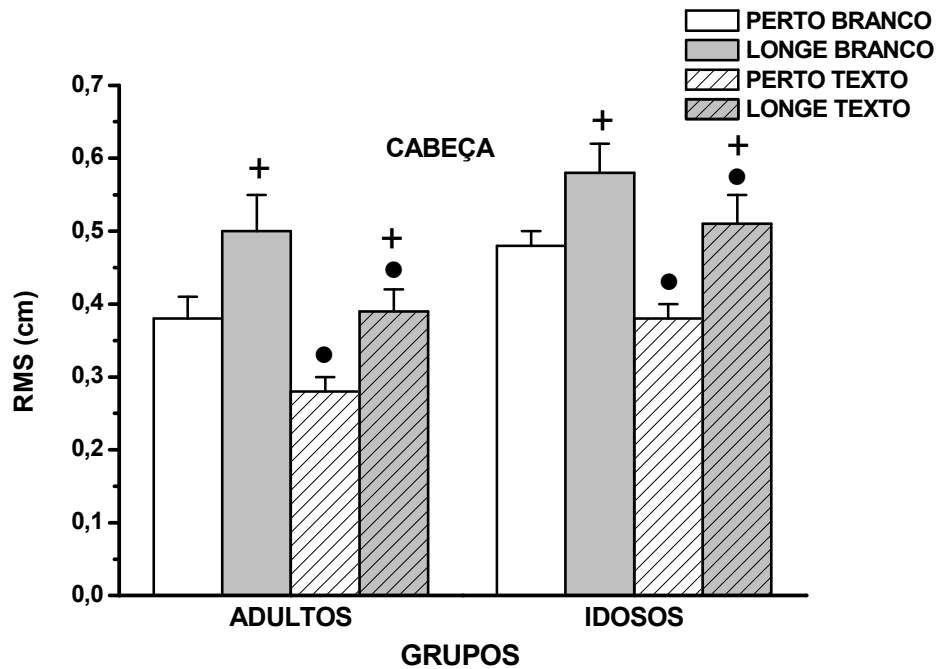


FIGURA 27 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento da cabeça (cm) na direção anterior-posterior (AP) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças <sup>+</sup> entre fator distância dentro dos grupos e • entre fator alvo dentro dos grupos ( $p < 0.01$ ).

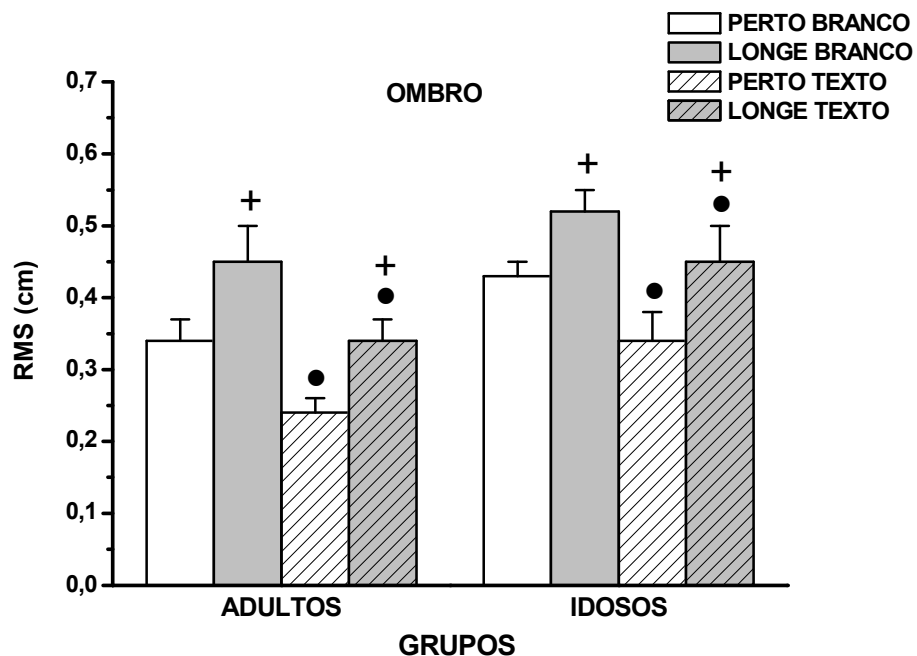


FIGURA 28 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento do ombro (cm) na direção anterior-posterior (AP) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças <sup>+</sup> entre fator distância dentro dos grupos e • entre fator alvo dentro dos grupos ( $p < 0.01$ ).

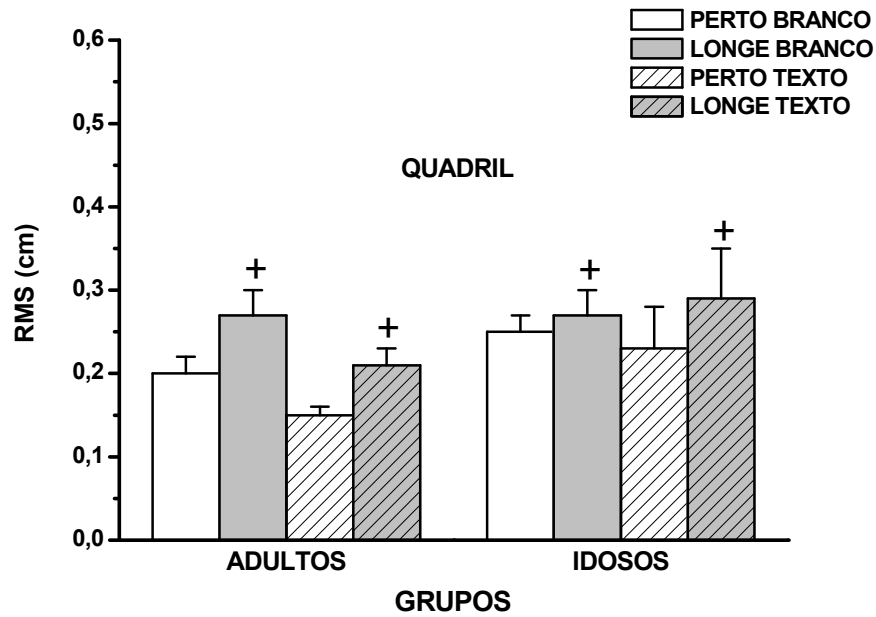


FIGURA 29 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento do quadril (cm) na direção anterior-posterior (AP) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças <sup>+</sup> entre fator distância dentro dos grupos ( $p < 0.01$ ).

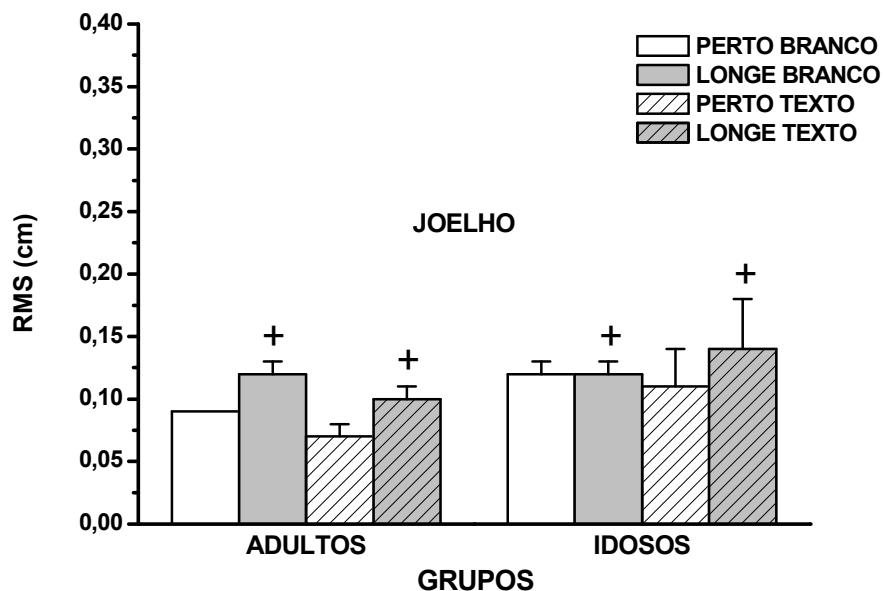


FIGURA 30 – Valores de médias e erros padrões para os grupos ADULTOS (N=12) e IDOSOS (N=12) do deslocamento do joelho (cm) na direção anterior-posterior (AP) durante as quatro condições experimentais (perto branco, longe branco, perto texto e longe texto). Diferenças <sup>+</sup> entre fator distância dentro dos grupos ( $p < 0.01$ ).

*O efeito da tarefa com texto:* Em geral, a oscilação postural reduziu durante a tarefa de leitura quando comparada a tarefa de pouca busca visual (alvo branco), para ambos os grupos. As figuras 13 a 18 mostram valores de médias e erros padrões das variáveis RMS, velocidade média e frequência mediana do deslocamento do centro de pressão (CP) nas direções antero-posterior (AP) e médio-lateral (ML) durante as quatro condições experimentais. Houve efeito principal da tarefa supra-postural com maior demanda visual para o deslocamento (RMS) do CP na direção AP (alvo branco= $0.35 \pm 0.01$  cm, alvo texto= $0.29 \pm 0.02$  cm;  $F(1,22)=17.0$ ,  $p < 0.001$ ), para a velocidade do CP na direção AP (alvo branco= $0.62 \pm 0.03$  cm/s, alvo texto= $0.56 \pm 0.03$  cm/s;  $F(1,22)=22.0$ ,  $p < 0.001$ ) e para a frequência mediana do deslocamento do CP na direção AP (alvo branco= $0.18 \pm 0.01$  cm/s, alvo texto= $0.23 \pm 0.01$  cm/s;  $F(1,22)=13.7$ ,  $p = 0.001$ ). As figuras 27 a 30 mostram valores de médias e erros padrões dos deslocamentos da cabeça, ombro, quadril e joelho respectivamente na direção antero-posterior (AP) durante as quatro condições experimentais. A análise de variância (ANOVA) revelou efeito principal para os deslocamentos da cabeça (alvo branco= $0.48 \pm 0.02$  cm, alvo texto= $0.39 \pm 0.02$  cm;  $F(1,22)=19.3$ ,  $p < 0.001$ ) e ombro (alvo branco= $0.43 \pm 0.02$  cm, alvo texto= $0.34 \pm 0.02$  cm;  $F(1,22)=15.2$ ,  $p = 0.001$ ).

## 6 Discussão

Em adultos jovens reproduziu-se o efeito da distância do alvo e da tarefa supra-postural reportada anteriormente (STOFFREGEN *et al.*, 2000) isto é, houve uma redução da oscilação postural ao olhar para o alvo próximo e na tarefa de maior demanda visual.

### 6.1 Tarefa supra-postural: desempenho visual

Tanto adultos quanto idosos foram capazes de realizar a tarefa de contagem mental de letras, ambos apresentaram desempenhos similares. No entanto, observou-se que os idosos foram mais lentos durante a contagem de letras.

Em idosos, a diminuição na habilidade em realizar determinadas tarefas tem sido comumente reportada na literatura. Uma forma de avaliar a capacidade do idoso em executar tarefas simultâneas tem sido através, por exemplo, do desempenho durante contagem mental, da memorização espacial (MAYLOR & WING, 1996), do tempo de reação durante atividades motoras (STELMACH, ZELAZNIK & LOWE, 1990), visuais (REDFERN *et al.*, 2001) e auditivas, tanto na postura ereta quieta quanto na postura perturbada ou durante o andar (LAJOIE *et al.*, 1996; TEASDALE *et al.*, 1993).

O fato de idosos serem mais lentos e oscilarem mais que adultos em diversas tarefas tem sido associado a deficiências inerentes do processo de envelhecimento, como baixa capacidade física, redução na velocidade de condução nervosa, degeneração neuronal, alterações funcionais e estruturais nos sistemas sensoriais e motores, deficiência no processamento central de informações e incapacidade de dividir atenção entre tarefas, isto é, baixa capacidade cognitiva (DE FRIAS *et al.*,

2007; MARSH & GEEL, 2000; TEASDALE *et al.*, 1993). No presente estudo, apesar dos idosos serem mais lentos durante a contagem mental, eles foram capazes de manter um nível de atenção adequado a ponto de não afetar seu desempenho na tarefa cognitiva nem na tarefa postural, indicando uma integração entre equilíbrio e tarefa supra-postural.

## **6.2 Condição olhos aberto (OA) e olhos fechados (OF): efeito na oscilação postural**

Durante a privação visual (condição olhos fechados), observou-se um aumento da velocidade do deslocamento do centro de pressão em ambos os grupos. Em adultos jovens, o efeito da visão na oscilação durante a postura em pé é de certa forma controverso. Alguns autores têm reportado que quando o indivíduo fecha os olhos sua oscilação postural aumenta (BENJUYA, MELZER & KAPLANSKI, 2004; JAMET *et al.*, 2007; PAULUS, STRAUBE & BRANDT, 1984), enquanto outros não observaram efeito da visão na oscilação postural (MARSH & GEEL, 2000; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2000). No presente estudo, durante a condição olhos fechados os participantes idosos apresentaram de modo geral maior oscilação postural em comparação com os indivíduos jovens, replicando um achado comum (HORAK, SHUPERT & MIRKA, 1989; TEASDALE & SIMONEAU, 2001). Apesar desta diferença na oscilação em geral, os idosos apresentaram o mesmo padrão de oscilação durante as condições visuais, assim como observados em adultos jovens, revelado pelas medidas do centro de pressão (CP) e dados cinemáticos dos segmentos corporais. As análises dos dados do CP revelaram que a variável velocidade média foi sensível à detecção de diferenças entre adultos jovens e idosos com relação a oscilação postural, corroborando com outros estudos

(BARATTO *et al.*, 2002; FREITAS JUNIOR & BARELA, 2005; FREITAS, PRADO & DUARTE, 2005; LAFOND, DUARTE & PRINCE, 2004).

### **6.3 Condições experimentais: efeito na oscilação postural**

Tanto em adultos jovens quanto em idosos pode-se observar um aumento da frequência mediana do sinal do CP durante a apresentação do alvo com texto e do alvo próximo em relação ao alvo distante. Através da análise da densidade espectral de potência observou-se que durante a tarefa com texto houve um aumento no espectro de potência na faixa das altas frequências (maiores que 0,1 Hz). Este resultado é compatível com a idéia da existência de uma integração da informação sensorial pelo sistema de controle postural, permitindo ao indivíduo usar pistas visuais disponíveis para realizar as correções posturais necessárias independentemente da idade.

Segundo DUARTE & ZATSIORSKY (2002), na ausência de informação visual, frequências até 0,4 Hz compõem a maior parte do espectro de potência do sinal do CP enquanto que na presença de feedback visual do centro de pressão maiores frequências podem ser encontradas (em torno de 0,5 – 0,6 Hz). LOUGHLIN & REDFERN (2001) investigaram as características espectrais do deslocamento do centro de pressão durante estímulos visuais em movimento. Eles observaram que logo após apresentar o estímulo visual houve um aumento na frequência média do deslocamento do CP tanto em adultos quanto em idosos (em torno de 0,3 Hz). No entanto ao longo do tempo (60 segundos) houve uma diminuição gradativa na frequência média do sinal (abaixo de 0,1 Hz). Já outros estudos revelam que fechar os olhos provoca um aumento na frequência média do CP (FREITAS, PRADO & DUARTE, 2005). Além disso, na condição de privação visual ou ao adicionar uma

perturbação somatossensorial (inclinação da superfície de apoio) a uma condição com olhos fechados pode aumentar significativamente a amplitude das componentes de baixa frequência do sinal do centro de pressão (FREITAS, PRADO & DUARTE, 2005; MEZZARANE & KOHN, 2007).

A variabilidade de resultados com relação às frequências do sinal do centro de pressão sob diversas condições visuais indica que o sistema de controle postural pode sofrer adaptações a variados tipos de estímulos visuais; atribuir diferentes importâncias aos sistemas sensoriais em função das características do ambiente, do contexto da tarefa postural e de informações sensoriais relevantes.

Além disso, é difícil fazer uma comparação direta dos resultados obtidos no presente trabalho em relação aos demais estudos, pois diferentes formas de processamento do sinal do CP podem resultar em grandes variações no que diz respeito aos resultados encontrados na literatura.

Os resultados cinemáticos encontrados no presente estudo são consistentes com a noção que o ser humano comporta-se com um pêndulo invertido (mas não necessariamente um pêndulo único) durante a postura em pé (DAY *et al.*, 1993), que grande parte do movimento na direção antero-posterior ocorre em torno da articulação do tornozelo. No presente estudo a amplitude de deslocamento de cada segmento corporal aumentou de acordo com sua distância em relação ao chão.

Em ambos os grupos observou-se que a amplitude da oscilação durante a postura em pé diminuiu quando o participante olhava para o alvo próximo (em relação a oscilação ao olhar para o alvo distante). A oscilação postural também diminuiu durante tarefas com maior demanda visual (tarefa de busca visual, alvo contendo texto) em relação a oscilação durante a apresentação de um alvo com demanda visual mínima (observar um alvo completamente branco). Tais achados



contrastam com resultados de outros estudos que têm reportado um aumento na oscilação postural em adultos jovens e idosos (MORRIS *et al.*, 2000; PELLECCIA, 2003; REDFERN *et al.*, 2001; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2000) durante tarefas duais envolvendo tarefas cognitivas e de tempo de reação (CONDRON & HILL, 2002; MAYLOR & WING, 1996; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2000) e ainda envolvendo alguns tipos de informações visuais (TEASDALE & SIMONEAU, 2001). Todos estes resultados sugerem que os efeitos observados no presente estudo são específicos do tipo de tarefa. Nossos resultados indicam que algumas tarefas visuais restringem mais a postura, ou simplesmente de forma diferente que outras, o que pode talvez explicar porque diferentes efeitos de tarefas duais no controle postural têm sido reportado (CONDRON & HILL, 2002; HUNTER & HOFFMAN, 2001; MAKI & MCILROY, 1996; MAYLOR & WING, 1996; MELZER, BENJUJA & KAPLANSKI, 2001; MORRIS *et al.*, 2000; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2000; STOFFREGEN *et al.*, 2000; STOFFREGEN *et al.*, 1999; TEASDALE & SIMONEAU, 2001; YARDLEY *et al.*, 1999b).

A percepção e controle da postura em pé são freqüentemente assumidos como serem independentes de outro comportamento no qual as pessoas estão simultaneamente envolvidas. Por exemplo, o uso do fluxo óptico de informação para a percepção da oscilação postural e para a organização das ações do controle postural é amplamente assumida como automática (BRONSTEIN & BUCKWELL, 1997). A idéia de que o controle postural é independente de outras atividades é consistente com a visão amplamente adotada da existência de uma competição por “recursos de processamento centrais de informação” entre o controle postural e a atividade não-postural concorrente (BRONSTEIN & BUCKWELL, 1997). Esta visão leva a suposição da existência de uma competição simultânea entre as atividades

posturais e não-posturais, podendo levar a uma deficiência no desempenho do controle do equilíbrio, na tarefa não-postural ou ambos.

Contudo, STOFFREGEN e colaboradores (2006; 2000; 1999), que observaram uma redução na oscilação postural durante tarefas duais em adultos jovens, propuseram uma visão alternativa: a organização e execução do controle postural podem não ser independentes de uma tarefa não-postural concorrente. Tais pesquisadores acreditam que talvez haja uma integração funcional entre o controle postural e uma tarefa supra-postural simultânea, pelo menos em alguns casos ao invés das duas tarefas atuarem de forma competitiva. STOFFREGEN e colaboradores (2000) não assumem que o controle postural e a atividade supra-postural impõem demandas de competição por recursos centrais. Ao contrário, eles argumentam que a postura em pé pode ser modulada de modo a facilitar o desempenho em algumas tarefas supra-posturais, como a tarefa de busca visual (STOFFREGEN *et al.*, 2006; STOFFREGEN *et al.*, 2000; STOFFREGEN *et al.*, 1999).

Uma explicação alternativa para a redução da oscilação postural durante a tarefa dual estudada no presente projeto é que a tarefa visual (tarefa não-postural) fornece melhores pistas para a percepção visual do movimento, e esta informação foi usada pelo sistema de controle postural para reduzir a oscilação postural. Mais especificamente, quando o participante teve que procurar pelo aparecimento de determinadas letras no alvo em comparação com a tarefa de simplesmente olhar um alvo branco, apesar da demanda cognitiva ter aumentado na tarefa de busca visual (o que poderia ter aumentado a oscilação postural), o alvo com texto forneceu uma cena com maior contraste visual, que pode ter sido usado pelo sistema de controle postural para diminuir a oscilação postural. Através desse raciocínio é possível que a

redução na oscilação postural observada tenha resultado de um efeito maior do fator contraste visual.

Além disso, sabe-se que um mecanismo pelo qual o sistema visual auxilia na estabilização postural é através da detecção do movimento visual que depende da distância do sujeito em relação ao objeto. Este fator pode ter contribuído para a redução da oscilação postural em adultos e idosos durante a variação da distância do alvo. Uma das pistas visuais envolvidas na estabilização da postura é o deslocamento do alvo na retina em função da distância na qual o alvo se encontra. Olhar para um alvo distante provoca um pequeno deslocamento angular da imagem na retina e o sistema visual contribui de forma menos eficiente na redução da oscilação postural, enquanto alvos próximos em relação ao sujeito parecem permitir uma detecção do movimento do objeto ou do próprio sujeito mais acuradas (KAPOULA & LE, 2006; LE & KAPOULA, 2006; PAULUS, STRAUBE & BRANDT, 1984; VUILLERME *et al.*, 2006). Este fator pode ter contribuído para a redução da oscilação postural observada no presente estudo. Tanto adultos quanto idosos oscilaram menos durante a apresentação do alvo próximo em relação ao alvo mais distante, isto é, a simples manipulação na distância do objeto influenciou de forma positiva o controle do equilíbrio.

Segundo BRONSTEIN & BUCKWELL (1997), GUERRAZ *et al.* (2000), KAPOULA & LE (2006) e ROSENBAUM, (1991) dois mecanismos visuais contribuem para a redução da oscilação postural: informações eferentes dos músculos oculares e aferentes (deslocamento angular da imagem do objeto na retina), porém a contribuição destes mecanismos no controle postural ainda não é bem compreendida. No presente estudo, não foi possível afirmar qual mecanismo de informação visual possa ter contribuído para a redução da oscilação postural. É

possível que tanto o mecanismo aferente quanto eferente tenham contribuído para o controle do equilíbrio.

Estas explicações do uso de pistas visuais não excluem a hipótese de uma modulação funcional da oscilação postural em tarefas supra-posturais (STOFFREGEN *et al.*, 2000; STOFFREGEN *et al.*, 1999) e é possível que ambos os fatores tenham contribuído para a redução da oscilação postural observada no presente estudo. Estudos adicionais devem ser conduzidos para elucidar estas questões.

## 7 Conclusão

O presente estudo suporta a idéia de que tarefas duais não necessariamente levam a um aumento da oscilação postural. Em tarefas duais com demandas cognitivas, foi observado exatamente o resultado oposto para adultos jovens e idosos. Nossos sujeitos idosos parecem integrar o controle do equilíbrio com o desempenho durante a tarefa de demanda visual, apesar de um aumento geral na oscilação característica do envelhecimento. Nós investigamos apenas indivíduos idosos saudáveis; seria interessante investigar este efeito em pacientes com déficits posturais, como idosos com histórico de quedas. O presente estudo replicou um comportamento conhecido relacionado ao envelhecimento (aumento da oscilação postural em geral) e revelou um comportamento que parece ser independente da idade (modulação da oscilação postural em relação a tarefa supra-postural).

Este estudo ressalta a importância de investigar interações entre sistema nervoso central, processamento cognitivo e integrações sensoriais no controle da postura. Seria importante determinar se déficits posturais não aumentariam apenas a oscilação postural, mas também comprometeriam essa modulação da oscilação específica da tarefa.

## 8 Referências bibliográficas

ALEXANDER, N. B. Postural control in older adults. **J Am Geriatr Soc**, v. 42, p. 93-108, 1994.

AMIRIDIS, I. G.; HATZITAKI, V.; ARABATZI, F. Age-induced modifications of static postural control in humans. **Neurosci Lett**, v. 350, p. 137-140, 2003.

ANDERSSON, G.; YARDLEY, L.; LUXON, L. A dual-task study of interference between mental activity and control of balance. **Am J Otol**, v. 19, p. 632-637, 1998.

BACH, M. The Freiburg Visual Acuity test--automatic measurement of visual acuity. **Optom Vis Sci**, v. 73, p. 49-53, 1996.

BAECKE, J. A.; BUREMA, J.; FRIJTERS, J. E. A short questionnaire for the measurement of habitual physical activity in epidemiological studies. **Am J Clin Nutr**, v. 36, p. 936-942, 1982.

BARATTO, L.; MORASSO, P. G.; RE, C.; SPADA, G. A new look at posturographic analysis in the clinical context: sway-density versus other parameterization techniques. **Motor Control**, v. 6, p. 246-270, 2002.

BARIN, K.; JEFFERSON, G. D.; SPARTO, P. J.; PARNIANPOUR, M. Effect of aging on human postural control during cognitive tasks. **Biomed Sci Instrum**, v. 33, p. 388-393, 1997.

BENJUYA, N.; MELZER, I.; KAPLANSKI, J. Aging-induced shifts from a reliance on sensory input to muscle cocontraction during balanced standing. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 59, p. 166-171, 2004.

BENSOUSSAN, L.; VITON, J. M.; SCHIEPPATI, M.; COLLADO, H.; MILHE DE BOVIS, V.; MESURE, S.; DELARQUE, A. Changes in postural control in hemiplegic patients after stroke performing a dual task. **Arch Phys Med Rehabil**, v. 88, p. 1009-1015, 2007.

BLACK, F. O.; SHUPERT, C. L.; HORAK, F. B.; NASHNER, L. M. Abnormal postural control associated with peripheral vestibular disorders. **Prog Brain Res**, v. 76, p. 263-275, 1988.

BLASZCZYK, J. W.; PRINCE, F.; RAICHE, M.; HEBERT, R. Effect of ageing and vision on limb load asymmetry during quiet stance. **J Biomech**, v. 33, p. 1243-1248, 2000.

BOREL, L.; HARLAY, F.; MAGNAN, J.; CHAYS, A.; LACOUR, M. Deficits and recovery of head and trunk orientation and stabilization after unilateral vestibular loss. **Brain**, v. 125, p. 880-894, 2002.

BORGER, L. L.; WHITNEY, S. L.; REDFERN, M. S.; FURMAN, J. M. The influence of dynamic visual environments on postural sway in the elderly. **J Vestib Res**, v. 9, p. 197-205, 1999.

BRONSTEIN, A. M.; BUCKWELL, D. Automatic control of postural sway by visual motion parallax. **Exp Brain Res**, v. 113, p. 243-248, 1997.

BROOKE-WAVELL, K.; PERRETT, L. K.; HOWARTH, P. A.; HASLAM, R. A. Influence of the visual environment on the postural stability in healthy older women. **Gerontology**, v. 48, p. 293-297, 2002.

BROWN, L. A.; SLEIK, R. J.; POLYCH, M. A.; GAGE, W. H. Is the prioritization of postural control altered in conditions of postural threat in younger and older adults? **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 57, p. M785-792, 2002.

CONDRON, J. E.; HILL, K. D. Reliability and validity of a dual-task force platform assessment of balance performance: effect of age, balance impairment, and cognitive task. **J Am Geriatr Soc**, v. 50, p. 157-162, 2002.

DAULT, M. C.; FRANK, J. S.; ALLARD, F. Influence of a visuo-spatial, verbal and central executive working memory task on postural control. **Gait Posture**, v. 14, p. 110-116, 2001.

DAY, B. L.; STEIGER, M. J.; THOMPSON, P. D.; MARSDEN, C. D. Effect of vision and stance width on human body motion when standing: implications for afferent control of lateral sway. **J Physiol**, v. 469, p. 479-499, 1993.

DE FRIAS, C. M.; DIXON, R. A.; FISHER, N.; CAMICIOLI, R. Intraindividual variability in neurocognitive speed: a comparison of Parkinson's disease and normal older adults. **Neuropsychologia**, v. 45, p. 2499-2507, 2007.

DOUMAS, M.; SMOLDERS, C.; KRAMPE, R. T. Task prioritization in aging: effects of sensory information on concurrent posture and memory performance. **Exp Brain Res**, v., p., 2008.

DU PASQUIER, R. A.; BLANC, Y.; SINNREICH, M.; LANDIS, T.; BURKHARD, P.; VINGERHOETS, F. J. The effect of aging on postural stability: a cross sectional and longitudinal study. **Neurophysiol Clin**, v. 33, p. 213-218, 2003.

DUARTE, M.; ZATSIORSKY, V. M. Effects of body lean and visual information on the equilibrium maintenance during stance. **Exp Brain Res**, v. 146, p. 60-69, 2002.

FREITAS JUNIOR, P. B.; BARELA, J. A. Postural control as a function of self- and object-motion perception. **Neurosci Lett**, v. 369, p. 64-68, 2004.

FREITAS, S. M.; PRADO, J. M.; DUARTE, M. The use of a safety harness does not affect body sway during quiet standing. **Clin Biomech (Bristol, Avon)**, v. 20, p. 336-339, 2005.

GEURTS, A. C.; MULDER, T. H. Attention demands in balance recovery following lower limb amputation. **J Mot Behav**, v. 26, p. 162-170, 1994.

GHEZ, C. Posture In: KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. (Eds.). **Principles of Neural Science** London: Prentice-Hall International, 1991, p. 596-607.

GILL, J.; ALLUM, J. H.; CARPENTER, M. G.; HELD-ZIOLKOWSKA, M.; ADKIN, A. L.; HONEGGER, F.; PIERCHALA, K. Trunk sway measures of postural stability during clinical balance tests: effects of age. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 56, p. M438-447, 2001.

GLASAUER, S.; SCHNEIDER, E.; JAHN, K.; STRUPP, M.; BRANDT, T. How the eyes move the body. **Neurology**, v. 65, p. 1291-1293, 2005.

GUERRAZ, M.; SAKELLARI, V.; BURCHILL, P.; BRONSTEIN, A. M. Influence of motion parallax in the control of spontaneous body sway. **Exp Brain Res**, v. 131, p. 244-252, 2000.

HAIN, T. C.; RAMASWAMY, T. S.; HILLMAN, M. A. Anatomia e Fisiologia do Sistema Vestibular Normal. In: HERDMAN, S. J. (Eds.). **Reabilitação Vestibular**. São Paulo: Editora Manole Ltda., 2002, p.

HAUER, K.; PFISTERER, M.; WEBER, C.; WEZLER, N.; KLIEGEL, M.; OSTER, P. Cognitive impairment decreases postural control during dual tasks in geriatric patients with a history of severe falls. **J Am Geriatr Soc**, v. 51, p. 1638-1644, 2003.

HORAK, F. B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? **Age Ageing**, v. 35 Suppl 2, p. ii7-ii11, 2006.

HORAK, F. B.; MACPHERSON, J. M. Postural Orientation and Equilibrium. In: ROWELL, L. B.; SHEPHERD, J. T. (Eds.). **Exercise: regulation and integration of multiple systems**. New York: Published for the American Physiological Society by Oxford University Press, 1996, p. 255-292.

HORAK, F. B.; SHUPERT, C. L.; MIRKA, A. Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. **Neurobiol Aging**, v. 10, p. 727-738, 1989.

HUNTER, M. C.; HOFFMAN, M. A. Postural control: visual and cognitive manipulations. **Gait Posture**, v. 13, p. 41-48, 2001.

HUXHOLD, O.; LI, S. C.; SCHMIEDEK, F.; LINDENBERGER, U. Dual-tasking postural control: aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. **Brain Res Bull**, v. 69, p. 294-305, 2006.

INGLIS, J. T.; HORAK, F. B.; SHUPERT, C. L.; JONES-RYCEWICZ, C. The importance of somatosensory information in triggering and scaling automatic postural responses in humans. **Exp Brain Res**, v. 101, p. 159-164, 1994.

JACKSON, R. T.; EPSTEIN, C. M.; DE L'AUNE, W. R. Abnormalities in posturography and estimations of visual vertical and horizontal in multiple sclerosis. **Am J Otol**, v. 16, p. 88-93, 1995.

JAHN, K.; STRUPP, M.; KRAFCZYK, S.; SCHULER, O.; GLASAUER, S.; BRANDT, T. Suppression of eye movements improves balance. **Brain**, v. 125, p. 2005-2011, 2002.



JAMET, M.; DEVITERNE, D.; GAUCHARD, G. C.; VANCON, G.; PERRIN, P. P. Higher visual dependency increases balance control perturbation during cognitive task fulfilment in elderly people. **Neurosci Lett**, v. 359, p. 61-64, 2004.

\_\_\_\_\_. Age-related part taken by attentional cognitive processes in standing postural control in a dual-task context. **Gait Posture**, v. 25, p. 179-184, 2007.

KAPOULA, Z.; LE, T. T. Effects of distance and gaze position on postural stability in young and old subjects. **Exp Brain Res**, v. 173, p. 438-445, 2006.

KERR, B.; CONDON, S. M.; MCDONALD, L. A. Cognitive spatial processing and the regulation of posture. **J Exp Psychol Hum Percept Perform**, v. 11, p. 617-622, 1985.

KIM, B. J.; ROBINSON, C. J. Postural control and detection of slip/fall initiation in the elderly population. **Ergonomics**, v. 48, p. 1065-1085, 2005.

LAFOND, D.; DUARTE, M.; PRINCE, F. Comparison of three methods to estimate the center of mass during balance assessment. **J Biomech**, v. 37, p. 1421-1426, 2004.

LAJOIE, Y.; TEASDALE, N.; BARD, C.; FLEURY, M. Attentional demands for static and dynamic equilibrium. **Exp Brain Res**, v. 97, p. 139-144, 1993.

\_\_\_\_\_. Upright standing and gait: are there changes in attentional requirements related to normal aging? **Exp Aging Res**, v. 22, p. 185-198, 1996.

LATASH, M. L. **Neurophysiological basis of movement**. Champaign, IL: Human Kinetics, 1998.

LAUGHTON, C. A.; SLAVIN, M.; KATDARE, K.; NOLAN, L.; BEAN, J. F.; KERRIGAN, D. C.; PHILLIPS, E.; LIPSITZ, L. A.; COLLINS, J. J. Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. **Gait Posture**, v. 18, p. 101-108, 2003.

LE, T. T.; KAPOULA, Z. Distance impairs postural stability only under binocular viewing. **Vision Res**, v. 46, p. 3586-3593, 2006.

LORD, S. R.; CLARK, R. D.; WEBSTER, I. W. Visual acuity and contrast sensitivity in relation to falls in an elderly population. **Age Ageing**, v. 20, p. 175-181, 1991.

LORD, S. R.; MENZ, H. B. Visual contributions to postural stability in older adults. **Gerontology**, v. 46, p. 306-310, 2000.

LOUGHLIN, P. J.; REDFERN, M. S. Spectral characteristics of visually induced postural sway in healthy elderly and healthy young subjects. **IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng**, v. 9, p. 24-30, 2001.

MAKI, B. E.; MCILROY, W. E. Influence of arousal and attention on the control of postural sway. **J Vestib Res**, v. 6, p. 53-59, 1996.

- MARSH, A. P.; GEEL, S. E. The effect of age on the attentional demands of postural control. **Gait Posture**, v. 12, p. 105-113, 2000.
- MATHESON, A. J.; DARLINGTON, C. L.; SMITH, P. F. Further evidence for age-related deficits in human postural function. **J Vestib Res**, v. 9, p. 261-264, 1999.
- MAURER, C.; MERGNER, T.; BOLHA, B.; HLAVACKA, F. Vestibular, visual, and somatosensory contributions to human control of upright stance. **Neurosci Lett**, v. 281, p. 99-102, 2000.
- MAYLOR, E. A.; ALLISON, S.; WING, A. M. Effects of spatial and nonspatial cognitive activity on postural stability. **Br J Psychol**, v. 92, p. 319-338, 2001.
- MAYLOR, E. A.; WING, A. M. Age differences in postural stability are increased by additional cognitive demands. **J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci**, v. 51, p. P143-154, 1996.
- MELZER, I.; BENJUVA, N.; KAPLANSKI, J. Age-related changes of postural control: effect of cognitive tasks. **Gerontology**, v. 47, p. 189-194, 2001.
- MEZZARANE, R. A.; KOHN, A. F. Control of upright stance over inclined surfaces. **Exp Brain Res**, v. 180, p. 377-388, 2007.
- MORIOKA, S.; HIYAMIZU, M.; YAGI, F. The effects of an attentional demand tasks on standing posture control. **J Physiol Anthropol Appl Human Sci**, v. 24, p. 215-219, 2005.
- MORRIS, M.; IANSEK, R.; SMITHSON, F.; HUXHAM, F. Postural instability in Parkinson's disease: a comparison with and without a concurrent task. **Gait Posture**, v. 12, p. 205-216, 2000.
- NAWROT, M. Depth from motion parallax scales with eye movement gain. **J Vis**, v. 3, p. 841-851, 2003.
- NORRIE, R. G.; MAKI, B. E.; STAINES, W. R.; MCILROY, W. E. The time course of attention shifts following perturbation of upright stance. **Exp Brain Res**, v. 146, p. 315-321, 2002.
- PAI, Y. C.; PATTON, J. Center of mass velocity-position predictions for balance control. **J Biomech**, v. 30, p. 347-354, 1997.
- PAULUS, W. M.; STRAUBE, A.; BRANDT, T. Visual stabilization of posture. Physiological stimulus characteristics and clinical aspects. **Brain**, v. 107 ( Pt 4), p. 1143-1163, 1984.
- PELLECCHIA, G. L. Postural sway increases with attentional demands of concurrent cognitive task. **Gait Posture**, v. 18, p. 29-34, 2003.
- POULAIN, I.; GIRAUDET, G. Age-related changes of visual contribution in posture control. **Gait Posture**, v., p., 2007.
- PRADO, J. M.; STOFFREGEN, T. A.; DUARTE, M. Postural Sway during Dual Tasks in Young and Elderly Adults. **Gerontology**, v. 53, p. 274-281, 2007.

PRIOLI, A. C.; CARDOZO, A. S.; DE FREITAS JUNIOR, P. B.; BARELA, J. A. Task demand effects on postural control in older adults. **Hum Mov Sci**, v. 25, p. 435-446, 2006.

REDFERN, M. S.; JENNINGS, J. R.; MARTIN, C.; FURMAN, J. M. Attention influences sensory integration for postural control in older adults. **Gait Posture**, v. 14, p. 211-216, 2001.

REDFERN, M. S.; MULLER, M. L.; JENNINGS, J. R.; FURMAN, J. M. Attentional dynamics in postural control during perturbations in young and older adults. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 57, p. B298-303, 2002.

RIBEIRO, F.; OLIVEIRA, J. Aging effects on joint proprioception: the role of physical activity in proprioception preservation. **European Review of Aging and Physical Activity**, v. 4, p. 71-76, 2007.

RILEY, M. A.; BAKER, A. A.; SCHMIT, J. M. Inverse relation between postural variability and difficulty of a concurrent short-term memory task. **Brain Res Bull**, v. 62, p. 191-195, 2003.

ROSENBAUM, D. A. **Human motor control**. San Diego ; London: Academic Press, 1991.

ROUGIER, P.; GARIN, M. [Performing saccadic eye movements modifies postural control organisation]. **Neurophysiol Clin**, v. 36, p. 235-243, 2006.

RUCCI, M.; IOVIN, R.; POLETTI, M.; SANTINI, F. Miniature eye movements enhance fine spatial detail. **Nature**, v. 447, p. 852-855, 2007.

SCHMIDT, R. A.; LEE, T. D. Sensory contributions to motor control. In: (Eds.). **Motor control and learning : a behavioral emphasis**. 3rd. Champaign, IL: Human Kinetics, 1999, p. 96-129.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. Attentional demands and postural control: the effect of sensory context. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 55, p. M10-16, 2000.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M.; KERNS, K. A.; BALDWIN, M. The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 52, p. M232-240, 1997.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M. H. **Motor control : theory and practical applications**. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 1995.

SIU, K. C.; CATENA, R. D.; CHOU, L. S.; VAN DONKELAAR, P.; WOOLLACOTT, M. H. Effects of a secondary task on obstacle avoidance in healthy young adults. **Exp Brain Res**, v. 184, p. 115-120, 2008.

SIU, K. C.; WOOLLACOTT, M. H. Attentional demands of postural control: the ability to selectively allocate information-processing resources. **Gait Posture**, v. 25, p. 121-126, 2007.

SPEERS, R. A.; KUO, A. D.; HORAK, F. B. Contributions of altered sensation and feedback responses to changes in coordination of postural control due to aging. **Gait Posture**, v. 16, p. 20-30, 2002.

SPEERS, R. A.; SHEPARD, N. T.; KUO, A. D. EquiTest modification with shank and hip angle measurements: differences with age among normal subjects. **J Vestib Res**, v. 9, p. 435-444, 1999.

STELMACH, G. E.; ZELAZNIK, H. N.; LOWE, D. The influence of aging and attentional demands on recovery from postural instability. **Aging (Milano)**, v. 2, p. 155-161, 1990.

STOFFREGEN, T. A.; BARDY, B. G.; BONNET, C. T.; PAGULAYAN, R. J. Postural stabilization of visually guided eye movements. **Ecological Psychology**, v. 18, p. 191-222, 2006.

STOFFREGEN, T. A.; PAGULAYAN, R. J.; BARDY, B. G.; HETTINGER, L. J. Modulating postural control to facilitate visual performance. **Human Movement Science**, v. 19, p. 203-220, 2000.

STOFFREGEN, T. A.; SMART, L. J.; BARDY, B. G.; PAGULAYAN, R. J. Postural stabilization of looking. **Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance**, v. 25, p. 1641-1658, 1999.

STRUPP, M.; GLASAUER, S.; JAHN, K.; SCHNEIDER, E.; KRAFCZYK, S.; BRANDT, T. Eye movements and balance. **Ann N Y Acad Sci**, v. 1004, p. 352-358, 2003.

SUNDERMIER, L.; WOOLLACOTT, M. H.; JENSEN, J. L.; MOORE, S. Postural sensitivity to visual flow in aging adults with and without balance problems. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 51, p. M45-52, 1996.

SWAN, L.; OTANI, H.; LOUBERT, P. V. Reducing postural sway by manipulating the difficulty levels of a cognitive task and a balance task. **Gait Posture**, v. 26, p. 470-474, 2007.

SWAN, L.; OTANI, H.; LOUBERT, P. V.; SHEFFERT, S. M.; DUNBAR, G. L. Improving balance by performing a secondary cognitive task. **Br J Psychol**, v. 95, p. 31-40, 2004.

TEASDALE, N.; BARD, C.; LARUE, J.; FLEURY, M. On the cognitive penetrability of posture control. **Exp Aging Res**, v. 19, p. 1-13, 1993.

TEASDALE, N.; SIMONEAU, M. Attentional demands for postural control: the effects of aging and sensory reintegration. **Gait Posture**, v. 14, p. 203-210, 2001.

TEASDALE, N.; STELMACH, G. E.; BREUNIG, A.; MEEUWSEN, H. J. Age differences in visual sensory integration. **Exp Brain Res**, v. 85, p. 691-696, 1991.

UCHIDA, T.; HASHIMOTO, M.; SUZUKI, N.; TAKEGAMI, T.; IWASE, Y. Effects of periodic saccades on the body sway in human subjects. **Neurosci Lett**, v. 13, p. 253-258, 1979.

UCHIYAMA, M.; DEMURA, S.; YAMAJI, S.; YAMADA, T. Influence of differences of visual acuity in various visual field conditions on spectral characteristics of the center of pressure sway. **Percept Mot Skills**, v. 102, p. 327-337, 2006.

VANDER VELDE, T.; WOOLLACOTT, M. Non-visual spatial tasks reveal increased interactions with stance postural control. **Brain Res**, v. 1208, p. 95-102, 2008.

VOORRIPS, L. E.; RAVELLI, A. C.; DONGELMANS, P. C.; DEURENBERG, P.; VAN STAVEREN, W. A. A physical activity questionnaire for the elderly. **Med Sci Sports Exerc**, v. 23, p. 974-979, 1991.

VUILLERME, N.; BURDET, C.; ISABLEU, B.; DEMETZ, S. The magnitude of the effect of calf muscles fatigue on postural control during bipedal quiet standing with vision depends on the eye-visual target distance. **Gait Posture**, v. 24, p. 169-172, 2006.

WADE, M. G.; LINDQUIST, R.; TAYLOR, J. R.; TREAT-JACOBSON, D. Optical flow, spatial orientation, and the control of posture in the elderly. **J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci**, v. 50, p. P51-P58, 1995.

WALKER, C.; BROUWER, B. J.; CULHAM, E. G. Use of visual feedback in retraining balance following acute stroke. **Phys Ther**, v. 80, p. 886-895, 2000.

WINTER, D. A. Human balance and posture control during standing and walking. **Gait Posture**, v. 3, p. 193-214, 1995.

WOOLLACOTT, M.; SHUMWAY-COOK, A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. **Gait Posture**, v. 16, p. 1-14, 2002.

WOOLLACOTT, M. H. Systems contributing to balance disorders in older adults. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, v. 55, p. M424-428, 2000.

WOOLLACOTT, M. H.; SHUMWAY-COOK, A.; NASHNER, L. M. Aging and posture control: changes in sensory organization and muscular coordination. **Int J Aging Hum Dev**, v. 23, p. 97-114, 1986.

YARDLEY, L.; GARDNER, M.; BRONSTEIN, A.; DAVIES, R.; BUCKWELL, D.; LUXON, L. Interference between postural control and mental task performance in patients with vestibular disorder and healthy controls. **J Neurol Neurosurg Psychiatry**, v. 71, p. 48-52, 2001.

YARDLEY, L.; GARDNER, M.; LAVIE, N.; GRETTY, M. Attentional demands of perception of passive self-motion in darkness. **Neuropsychologia**, v. 37, p. 1293-1301, 1999a.

YARDLEY, L.; GARDNER, M.; LEADBETTER, A.; LAVIE, N. Effect of articulatory and mental tasks on postural control. **Neuroreport**, v. 10, p. 215-219, 1999b.

## **9 ANEXOS**

### **9.1 ANEXO A – Ficha de anamnese**

## DADOS CADASTRAIS

Nome: \_\_\_\_\_ Data de nascimento: \_\_\_\_\_  
 Endereço: \_\_\_\_\_  
 Cidade: \_\_\_\_\_ CEP: \_\_\_\_\_  
 Telefone: ( ) \_\_\_\_\_ Telefone para recado: ( ) \_\_\_\_\_ Moro com  
 \_\_\_\_\_ pessoas  
 Nome do médico: \_\_\_\_\_ Telefone:  
 ( ) \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_ HORA: \_\_\_\_\_

## ANAMNESE CLÍNICA

Problemas de Saúde	Sim	Não	Observações	
Pressão arterial alta				
Pressão arterial baixa				
Problema cardíaco				
Marca-passo				
Colesterol alto				
Triglicérides alto				
Tireóide				
Diabetes				
Osteoporose				
Artrite				
Artrose				
Tendinite				
Problema muscular				
Desvio na cervical				
Torácica				
Lombar				
Deficiência auditiva				
Aparelho auditivo				
Deficiência visual				
Óculos ou lentes				
Doença Neurológica				
Crises convulsivas				
Deficiência física				
Ortese				
Prótese				
Labirintite				
Outros				
Sintomas	Sim	Não	Frequência	Observações
Dores de cabeça				
Tonturas				
Vertigens				
Nistagmo				
Dor muscular				
Fraqueza muscular				
Fraqueza generalizada				
Enrijecimento articular				
Dor na coluna cervical				
Torácica				
Lombar				
Outros				

## Medicamentos

Usa medicamentos regularmente: ( ) Sim ( ) Não

Tipos	Sim	Não	Posologia	Observações
Anti-depressivo				
Diurético				
Hormônio				
Calmante				
Analgésico				
Estimulante				
Anti-inflamatório				
Outros				

## Hábitos Comuns

Hábito	Sim	Não	Tipo	Quanto
Tabagismo				
Bebida alcoólica				
Calçado mais utilizado				
Outros				

## HISTÓRIA DE QUEDAS

Característica	Sim	Não	Frequência	Como
Dificuldade para realizar movimentos rápidos				
Dificuldade de equilibrar-se				
Perde equilíbrio facilmente				
Tropeça facilmente				
Sente alguma coisa quando se levanta rapidamente				
Dificuldade para sentir a forma, textura, temperatura de objetos (pés)				
Sofre quedas				
Sente tontura durante a queda				
Quando ocorreu a queda mais recente				
Sofreu fraturas				
Outras lesões				
Fez cirurgia				
Outros				

---

 Data

---

 Assinatura



## **9.2 ANEXO B – Questionário de Baecke (adultos)**

## QUESTIONÁRIO BAECKE DE ATIVIDADE FÍSICA HABITUAL (PARA ADULTOS)

Qual é a sua principal ocupação? \_\_\_\_\_

No trabalho você senta

nunca       raramente       às vezes       freqüentemente       sempre

3. No trabalho você fica em pé

nunca       raramente       às vezes       freqüentemente       sempre

4. No trabalho você anda

nunca       raramente       às vezes       freqüentemente       sempre

5. No trabalho você carrega cargas pesadas

nunca       raramente       às vezes       freqüentemente       sempre

6. Após o trabalho você fica cansado(a)

muito freqüentemente       freqüentemente       às vezes       raramente       nunca

7. No trabalho você transpira

muito freqüentemente       freqüentemente       às vezes       raramente       nunca

8. Em comparação com outras pessoas da sua idade você acha que seu trabalho é fisicamente

muito + pesado       + pesado       tão pesado quanto       mais leve       muito mais leve

9. Você pratica esporte? sim ( )      não ( )

Se sim:

que esporte você pratica mais freqüentemente? \_\_\_\_\_

quantas horas por semana? \_\_\_\_\_

quantos meses por ano? \_\_\_\_\_

Se você pratica um segundo esporte:

que esporte você pratica mais freqüentemente? \_\_\_\_\_

quantas horas por semana? \_\_\_\_\_

quantos meses por ano? \_\_\_\_\_

10. Em comparação com outras pessoas da sua idade você acha que, durante as horas de lazer, a sua atividade física é

muito maior       maior       a mesma       menor       muito menor

11. Durante as horas de lazer você transpira

muito freqüentemente  freqüentemente  às vezes  raramente  nunca

12. Durante as horas de lazer você pratica esporte

nunca  raramente  às vezes  freqüentemente  sempre

13. Durante as horas de lazer você assiste televisão

nunca  raramente  às vezes  freqüentemente  sempre

14. Durante as horas de lazer você anda

nunca  raramente  às vezes  freqüentemente  sempre

15. Durante as horas de lazer você pedala

nunca  raramente  às vezes  freqüentemente  sempre

16. Quantos minutos você anda e/ou pedala por dia para ir trabalhar, para ir para a escola, e para fazer compras? \_\_\_\_\_ minutos

### **9.3 ANEXO C- Questionário de Baecke (modificado para idosos)**

## QUESTIONÁRIO DE ATIVIDADE FÍSICA BAECKE MODIFICADO

### ATIVIDADES DE CASA

Você realiza algum trabalho leve em sua casa? (lavar louça, reparar roupas, tirar pó, etc.)

- (0) nunca (menos de 1 vez por mês)
- (1) às vezes (somente quando um parceiro ou ajudante não está disponível)
- (2) quase sempre (às vezes com ajudante)
- (3) sempre (sozinho ou com ajuda)

Você realiza algum trabalho pesado em sua casa? (lavar pisos e janelas, carregar lixos, etc.)

- (0) nunca (menos de 1 vez por mês)
- (1) às vezes (somente quando um parceiro ou ajudante não está disponível)
- (2) quase sempre (às vezes com ajudante)
- (3) sempre (sozinho ou com ajuda)

Para quantas pessoas você mantém a casa incluindo você mesmo? (preencher 0 se respondeu nunca nas questões 1 e 2).

Quantos cômodos você tem que limpar, incluindo cozinha, quarto, garagem, banheiro, porão? (preencher 0 se respondeu nunca nas questões 1 e 2).

- (0) nunca faz trabalhos domésticos
- (1) 1-6 cômodos
- (2) 7-9 cômodo
- (3) 10 ou mais cômodos

Se limpa algum cômodo, em quantos andares? (preencher 0 se respondeu nunca na questão 4)

Você prepara refeições quentes para si mesmo, ou você ajuda a preparar?

- (0) nunca
- (1) às vezes (1 a 2 x na semana)
- (2) quase sempre (3 a 5 x na semana)
- (3) sempre (mais 5 x na semana)

Quantos lances de escada você sobe por dia? (1 lance de escadas tem 10 degraus)

- (0) eu nunca subo escadas
- (1) 1-5
- (2) 6-10
- (3) mais de 10

Se você vai para algum lugar em sua cidade, que tipo de transporte utiliza?

- (0) eu nunca saio
- (1) carro
- (2) transporte público
- (3) bicicleta
- (4) caminhando

Com que frequência você faz compras?

- (0) nunca ou menos de 1 vez por semana
- (1) 1 vez por semana
- (2) 2-4 vezes por semana
- (3) todos os dias

Se você vai para as compras, que tipo de transporte você utiliza?

- (0) eu nunca vou as compras
- (1) carro
- (2) transporte público
- (3) bicicleta
- (4) caminhando

### ATIVIDADES ESPORTIVAS

Você pratica algum esporte? (bocha, ginástica, natação, hidroginástica, caminhada, etc.)

Esporte 1: \_\_\_\_\_

Horas por semana: \_\_\_\_\_

Meses por ano: \_\_\_\_\_

Esporte 2: \_\_\_\_\_

Horas por semana: \_\_\_\_\_

Meses por ano: \_\_\_\_\_

#### ATIVIDADES DE LAZER

Você tem alguma atividade de lazer? (tricô, bordados, leitura, assistir TV, passear com o cão, bingo, danças de salão, etc).

Atividade 1: \_\_\_\_\_

Horas por semana: \_\_\_\_\_

Meses por ano: \_\_\_\_\_

Atividade 2: \_\_\_\_\_

Horas por semana: \_\_\_\_\_

Meses por ano: \_\_\_\_\_

#### **9.4 ANEXO D – Termo de consentimento**

## ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

### DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

---

#### I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA

##### 1. NOME DO INDIVÍDUO:

.....  
DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº: ..... SEXO:

M  F

DATA NASCIMENTO: ...../...../.....

ENDEREÇO: ..... Nº

..... APTO .....

BAIRRO: ..... CIDADE:

.....  
CEP: ..... TELEFONE: DDD

(.....).....

---

#### II - DADOS SOBRE A PESQUISA CIENTÍFICA

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: "CONTROLE POSTURAL EM ADULTOS E IDOSOS DURANTE TAREFAS SUPRA-POSTURAS"

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Prof. Dr. Marcos Duarte

CARGO/FUNÇÃO: Professor da Escola de Educação Física e Esportes -USP

AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMOx

RISCO MÉDIO

RISCO BAIXO

RISCO MAIOR

(probabilidade de que o indivíduo sofra algum dano como consequência imediata ou tardia do estudo)

DURAÇÃO DA PESQUISA : A pesquisa consiste em um experimento com duração de 45 minutos.

---

#### III - EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO INDIVÍDUO OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA:

Este estudo pretende investigar o equilíbrio de indivíduos idosos durante tarefas supra-posturais e contribuir para o entendimento dos problemas de equilíbrio na população idosa além de entender como o sistema visual pode contribuir no controle postural em idosos.

Durante o experimento o participante permanecerá em pé sobre uma plataforma de força. Pequenas marcas serão afixadas em sua pele, com fita adesiva, para registrar os deslocamentos dos segmentos corporais no espaço. Estas marcas não serão conectadas a nenhum cabo elétrico.

Durante o experimento o participante será submetido a algumas condições visuais como realizar a leitura de um texto em diferentes distâncias e observar um painel totalmente branco enquanto estiver parado.

O experimento não será invasivo e não envolve qualquer risco à saúde física e mental do participante, além dos riscos encontrados nas atividades normais da vida diária.

Esperamos com esse experimento compreender melhor como as informações visuais podem contribuir para o controle postural em idosos, podendo ajudar numa melhor prescrição de atividades físicas. Porém o participante não terá nenhum benefício direto.

---

#### IV - ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA:

O participante tem direito a fazer perguntas a qualquer momento sobre os objetivos do experimento, o procedimento experimental, riscos envolvidos e benefício relacionado à pesquisa, de modo que suas dúvidas sobre o experimento sejam esclarecidas pelos pesquisadores.

A participação nesse estudo é voluntária e o sujeito da pesquisa tem o direito de não participar.



interromper a sua participação a qualquer momento sem prejuízo próprio.

A identidade do participante não será revelada em qualquer momento, bem como seus dados pessoais e sua imagem, a qual será usada apenas para os fins desse estudo.

O participante tem direito a assistência médica no Hospital Universitário (HU) e no Hospital das Clínicas, da Faculdade de Medicina da USP, caso ocorram eventuais danos à saúde, decorrentes da participação na pesquisa.

V- INFORMAÇÕES DE NOMES, ENDEREÇOS E TELEFONES DOS RESPONSÁVEIS PELO ACOMPANHAMENTO DA PESQUISA, PARA CONTATO EM CASO DE INTERCORRÊNCIAS CLÍNICAS E REAÇÕES ADVERSAS.

Para questões associadas com esse experimento, por favor, entrar em contato com Janina Manzieri Prado, pesquisadora gerente e/ou Prof. Dr. Marcos Duarte, pesquisador responsável e coordenador do Laboratório de Biofísica.

O Laboratório de Biofísica fica na Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, na Rua Professor Melo Moraes, 65 – Cidade Universitária – CEP: 05508-030 – fone/fax: 3812-6123

VI. - OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES:

É direito do participante manter uma cópia desse consentimento.

VII - CONSENTIMENTO PÓS-ESCLARECIDO

Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa.

São Paulo,        de                                    de 20     .

\_\_\_\_\_  
assinatura do sujeito da pesquisa

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Marcos Duarte

## **9.5 ANEXO E – Produção científica durante o curso de mestrado (Fevereiro/2005 - Junho/2008)**

### **Publicações em periódicos e trabalhos apresentados em eventos**

1. PRADO, J. M., STOFFREGEN, T., DUARTE, M.  
Postural sway during dual task in young and elderly adults. **Gerontology.**, v.53, p.274 - 281, 2007.
2. FREITAS, S. M. S. F., PRADO, J. M., DUARTE, M.  
The use of a safety harness does not affect body sway during quiet standing. **Clinical biomechanics.** , v.20, p.336 - 339, 2005.
3. PRADO, J. M., DUARTE, M.  
Age-related changes in human postural control of standing tasks In: **Progress in Motor Control VI**, 2007, Santos, Brasil
4. PRADO, J. M., DUARTE, M., STOFFREGEN, T.A.  
Postural control during dual task in young and elderly adults **XV Congresso Interno do Núcleo de Pesquisa em Neurociência e Comportamento, Universidade de São Pulo – USP**, 2007, p. 6.
5. PRADO, J. M., DUARTE, M.  
Age-related changes in human postural control of standing tasks In: 2nd Neuroscience Symposium, 2007, Natal. **Anais do Simpósio Internacional de Neurociências**, 2007. p.44 – 44 Homepage: [<http://www.natalneuro.org.br>]
6. PRADO, J. M., DUARTE, M., STOFFREGEN, T.A.  
Effect of a suprapostural task on postural control during upright stance in elderly people In: Progress in Motor Control V, 2005, Pennsylvania. **Progress in Motor Control V**, 2005.
7. STOFFREGEN, T., PRADO, J. M., DUARTE, M.  
Enactive looking in the elderly In: 11ème CONGRES INTERNATIONAL DE L'ACAPS, 2005, Paris. **11ème CONGRES INTERNATIONAL DE L'ACAPS.** , 2005.