



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS – CAMPUS DE RIO CLARO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
LABORATÓRIO PARA ESTUDOS DO MOVIMENTO - LEM

**Efeitos de Atividade Física no Controle Postural e
Capacidade Funcional de Idosos**

ANDREI GUILHERME LOPES

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências da Motricidade (Área de Biodinâmica da Motricidade Humana).

Outubro/2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS – CAMPUS DE RIO CLARO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
LABORATÓRIO PARA ESTUDOS DO MOVIMENTO - LEM

**Efeitos de Atividade Física no Controle Postural e
Capacidade Funcional de Idosos**

ANDREI GUILHERME LOPES

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências da Motricidade (Área de Biodinâmica da Motricidade Humana).

Outubro/2010

**Dedico este trabalho aos meus pais
Iransy e Neuza e aos meu irmão Flaviano
e cunhada Taty, meu sobrinho Manuel,
Minha namorada Marina que tanto me
incentivaram e acreditaram em mim.
Também agradeço ao Sr. Elvis Aaron
Presley.**

AGRADECIMENTOS

Considero esta tese, o a conclusão de mais uma etapa de um ciclo longo e trabalhoso. Um ciclo composto por muito esforço, tempo e alegria, pois poucos e raros são os que tem o prazer e sorte de fazerem o que gostam e ainda gostarem do que fazem.

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar por caminhos corretos em minhas atitudes e decisões.

À minha família, que estando perto ou não, sempre esteve comigo, nunca deixando faltar carinho, incentivo e fé em minha capacidade e ainda por me ensinarem conceitos morais que me orgulho muito de ter. Sempre tiveram certeza de que eu conseguiria.

À Marina, por ter modificado pra melhor a minha vida com seu amor, apoio e paciência em todos os momentos.

Ao meu orientador Prof. Doutor José Ângelo Barela, a quem admiro e muito me ensinou. Agradeço pelo voto de confiança e por ter acreditado em mim e minha capacidade em momentos que nem mesmo eu acreditava.

A todos os membros do LEM com os quais eu convivi, pois são pessoas fantásticas e me mostraram que é possível a convivência pacífica e profissional dentro de um laboratório de pesquisas.

Ao Prof. Doutor Abdallah Achou Júnior, por ter me mostrado desde o início de minha carreira, a importância da ética e respeito para crescer profissionalmente.

A todas as pessoas que conheci e convivi desde a graduação até este momento. A todos que torceram por mim e mais ainda aos que torceram contra, pois é bom ter motivos para crescer.

Aos companheiros e amigos de moradia Paulo Renato, Luiz Roberto e André Suman que se tornaram minha família por todos estes anos.

À CaPES pelo suporte financeiro na modalidade bolsa de doutorado.

Finalmente ao Sr Elvis Aaron Presley, que se foi antes da minha chegada, mas que sempre esteve presente em minha vida com suas canções. Obrigado rei.

RESUMO

O envelhecimento, associado ao sedentarismo vem acompanhado de muitas alterações estruturais, funcionais e comportamentais. O controle postural depende da integridade dos sistemas sensoriais e motor e, portanto, as deteriorações que ocorrem nestes sistemas com a ausência de um estilo de vida saudável, podem influenciar o desempenho de controle postural. Entretanto, ainda não estão claras quais alterações funcionais nos sistemas sensoriais e motor podem ser promovidas pela prática de exercícios físicos, bem como a relação entre estas alterações e as mudanças no desempenho de controle postural de adultos idosos. Assim, o objetivo deste estudo foi examinar os efeitos de um programa de atividade física no controle postural e componentes de capacidade funcional de idosos, abordando aspectos sensoriais, motores e o relacionamento entre ambos. Treze adultos idosos com idade entre 60 e 70 anos foram submetidos a avaliações sensoriais, motoras, de controle postural e capacidade funcional antes e após a participação em um programa de exercícios físicos generalizado. As avaliações sensoriais foram compostas por avaliação visual (acuidade e sensibilidade ao contraste) e somatossensorial (sensibilidade cutânea e sensibilidade ao movimento passivo). As avaliações motoras consistiram de medidas de torque articular e de latência de ativação muscular após perturbação da superfície de suporte. As avaliações de controle postural consistiram de medidas de oscilação corporal durante manutenção da postura ereta (em *semi-tandem stance*) e para capacidade funcional foi aplicada a bateria da AAHPERD, Os resultados indicaram que o programa de exercícios proposto influenciou positivamente as capacidades de agilidade, força e capacidade aeróbia e, ainda,

a capacidade de produzir torque e latência muscular. Estes resultados indicam que o aumento causado na força muscular influenciou diretamente a produção de torque e, provavelmente, a redução da latência muscular. A ausência de efeitos do treinamento no controle postural indica que o processamento das informações sensoriais podem ser mais importantes na tarefa da manutenção da postura ereta do que as capacidades físicas. O estudo mostrou que um programa generalizado de exercícios físicos melhora significativamente fatores importantes da capacidade funcional relacionados ao controle postural, importantes na realização das atividades da vida diária. Com base nos resultados, pode-se recomendar a participação em um programa generalizado de exercícios físicos como prevenção contra os efeitos do envelhecimento na capacidade funcional e controle postural.

Palavras-chave: envelhecimento, capacidade funcional, sistemas sensoriais, sistema motor, controle postural, atividade física, sala móvel.

ABSTRACT

Aging and a sedentary life style exhibit several structural, functional and behavioral changes. A good postural control performance depends on the integrity of the sensory and motor systems, deterioration of these systems occurring with aging could influence the postural control performance, specifically in older adults that are more susceptible to falls. However, it is still unclear which sensory and motor functional changes can be affected by a physical fitness program, neither the relationship between these changes and the changes of the performance of postural control in older adults. Therefore, the purpose of this study was to examine the effects of an exercise training program in the performance of the sensory and motor systems and postural control in older adults and to investigate the relationship between changes in these systems and postural control in this population. Thirteen older adults with age from 60 to 70 years old were submitted to sensory, motor and postural control assessments. Sensory assessments were composed of visual (acuity and contrast sensitivity) and somatosensory assessments (tactile sensitivity of and sensitivity to passive motion). Motor assessments consisted of measurements of joint torque and muscular activity latency after displacement of support surface. Postural control assessments consisted of measuring the body oscillation during maintenance of the upright stance (semi-tandem stance) and de functional capacity where measured by the Functional fitness tests of AAHPERD. The results indicated that the training program improved de agility, strength and aerobic capacity of the functional capacity, the torque capacity and a reduction of the muscular latency. The absence of training effects on the postural control can indicate that the processing of sensory information can be more weight on de stand stance than the physical

capabilities. The present study shows that it's possible to improve relevant factors of functional capacity and postural control used on the daily living activities of elderly after a general physical fitness program inclusion. Thus, with the presented results it's possible to recommend a inclusion in a general fitness training program as a prevention against the aging effects on the functional capacity and postural control.

Keywords: aging, functional capacity, sensory systems, motor system, postural control, physical activity, moving room.

SUMÁRIO

Índice de figuras.....	3
1 – Introdução	5
2. Revisão de Literatura.....	8
2.1 – Envelhecimento.....	8
2.2 – Controle Postural e Envelhecimento	9
2.2.1 - Sistemas Sensoriais.....	12
2.2.2 – Sistema Neuromuscular.....	20
2.2.3 – Relacionamento entre informação sensorial e ação motora	24
2.2.4 - Envelhecimento, atividade física e controle postural	29
3 – Objetivo.....	34
4 – Método	35
4.1 – Participantes	35
4.2 – Procedimentos	36
4.2.1 - Testes sensoriais	36
4.3 - Tratamento dos dados	49
4.4 - Avaliação Funcional.....	50
4.5 - Protocolo de treinamento.....	50
4.6 – Análise estatística	51
5 – Resultados	54
5.1 – Avaliação da capacidade funcional.....	54
5.1 – Avaliações sensoriais.....	55
5.1.1 – Sistema visual	55
5.1.2 – Sistema somatossensorial	57
5.2 – Avaliações motoras.....	58
5.2.1 – Produção de torque articular.....	58

5.2.2 – Latência da resposta muscular	60
5.3 – Avaliações de controle postural	62
5.3.1 – Manutenção da postura ereta	62
5.3.2 – Resolução de conflito sensorial.	67
5.3.3 – Acoplamento entre informação visual e oscilação corporal.....	69
6 – discussão	76
6.1 Capacidade Funcional	77
6.2 Sistemas Sensoriais.....	79
6.3 Torque e Latência Muscular.....	82
6.4 Controle Postural	84
6.4.1 Manutenção da Postura Ereta	84
7 – Conclusão	86
5 – Referências.....	88
ANEXO 1 –Termo de consentimento.....	96
ANEXO 2- bateria de testes da aahperd.....	98
ANEXO 4- ficha de coletas	103
ANEXO 5- questionário baecke modificado para idosos.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escala Optométrica utilizada no teste de acuidade visual.....	37
Figura 2: Situação experimental da avaliação de sensibilidade ao contraste visual.	39
Figura 3. Kit Estesiômetro para teste de sensibilidade cutânea (Semmes-weinstein Momofilaments)	40
Figura 4. Situação experimental da avaliação de sensibilidade ao movimento articular passivo.	41
Figura 5: Sistema com mostrador e cadeira implementada com célula de carga para avaliação de torque articular	43
Figura 6: Participante na situação experimental para a realização do teste para avaliação da latência muscular	45
Figura 7: Participante posicionado no interior da sala móvel para a realização dos testes de controle postural	47
Figura 6: valores médios e desvios padrão da acuidade visual (a) e da sensibilidade ao contraste visual (b) dos dois grupos etários obtidos nas avaliações do sistema visual.....	56
Figura 7: Valores médios e desvios padrão da massa do filamento sentido pelos participantes nos momentos pré e pós treinamento.	57
Figura 8: Valores médios e desvios padrão do deslocamento angular das articulações de joelho (a) e tornozelo (b), em ambas as direções obtidos na avaliação de sensibilidade ao movimento passivo.....	58
Figura 9: Valores médios e desvios padrão obtidos nas avaliações da capacidade de produção de torque articular de joelho (a) e tornozelo (b) em	

ambas as direções (flexão e extensão) e nos momentos pré e pós treinamento.

..... 60

Figura 10: valores médios e desvios padrão da latência de ativação do músculo tibial anterior após a movimentação da superfície de suporte nos momentos pré e pós treinamento..... 62

Figura 11: valores médios e desvios padrão da amplitude média de oscilação corporal nas direções antero-posterior (AP) e médio-lateral (ML) nos momentos pré e pós treinamento sob apoio semi-tandem e nas condições com e sem visão..... 63

Figura 12: valores médios e desvios padrão da amplitude média de oscilação corporal nas direções antero-posterior (AP) e médio-lateral (ML) nos momentos pré e pós treinamento em apoio bipodal com e nas condições com e sem visão.
..... 65

1 – INTRODUÇÃO

Atualmente o crescimento da população idosa pode ser considerado um fenômeno mundial e vem tornando-se mais acentuado com o passar do tempo. Ao comparar a população idosa mundial em 1950 com os dados de 1998, é possível observar que a mesma passou de 204 para 579 milhões, respectivamente, que corresponde a um crescimento de aproximadamente 8 milhões de idosos no mundo a cada ano (IBGE 2002).

Acompanhando o aumento da população idosa mundial, pode-se observar um proporcional aumento da incidência de doenças próprias do envelhecimento, o que acarreta maior demanda por serviços de saúde direcionados a esta população. Como consequência deste aumento na procura por melhor qualidade de vida e serviços de saúde, os idosos, tem sido crescente a busca por conhecimento visando melhora na qualidade de vida e manutenção da independência de idosos.

O processo de envelhecimento é acompanhado de alterações morfofuncionais e comportamentais que levam a mudanças na execução das atividades da vida diária (AVDs). Um fator comum e que aumenta proporcionalmente com o avanço da idade é o aumento do risco de quedas, que freqüentemente resultam em lesões ou fraturas, principalmente de quadril e membros inferiores. Tais lesões e fraturas, na grande maioria dos casos, levam o indivíduo idoso a um quadro de morbidade e até mesmo ao óbito (Wade, Lindquist et al. 1995; Woollacott and Tang 1997). O significativo

aumento do número de quedas nesta população está ligado ao natural declínio do desempenho do sistema de controle postural (Blaszczyk, Lowe et al. 1994; Wade, Lindquist et al. 1995; Di Fabio and Emasithi 1997; Berger, Chuzel et al. 2005).

De forma geral, o controle postural pode ser definido como um processo pelo qual o sistema nervoso central gera padrões de atividade muscular requeridos para regular a relação entre o centro de massa corporal e a base de suporte (Maki and McIlroy 1996). Alterações na eficiência do sistema de controle postural em idosos são inversamente proporcionais à prática regular de exercícios físicos, como observado em estudo de Perrin e colaboradores (Perrin, Deviterne et al. 2002). Neste caso, idosos fisicamente ativos apresentaram melhor desempenho do sistema de controle postural, tornando-os menos suscetíveis à incidência de quedas. Além da diminuição do risco de quedas, a prática regular de exercícios físicos tem se mostrado determinante em vários componentes funcionais diretamente ligados ao controle postural de idosos (Lord, Ward et al. 1995; Gauchard, Jeandel et al. 1999; Ferraz, Barela et al. 2001).

Além de escassos, os estudos que demonstraram efeitos positivos da atividade física no controle postural de idosos não possibilitaram inferir quais os fatores que poderiam estar colaborando para tais benefícios da atividade física no controle postural em idosos. Desta forma, o objetivo desse estudo é examinar os efeitos de um programa de atividade física no controle postural e componentes de capacidade funcional de idosos abordando aspectos sensoriais, motores e o relacionamento entre ambos. De forma geral, espera-se que examinando todos estes aspectos de funcionamento do sistema de

controle postural em idosos, seja possível identificar em que aspectos a atividade física pode beneficiar a performance do funcionamento deste sistema.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – Envelhecimento

O termo envelhecimento refere-se a um processo ou a grupos de processos que ocorrem em um organismo vivo e que, com a passagem do tempo, levam este organismo vivo à uma perda de adaptabilidade, a um prejuízo funcional e, eventualmente, à morte (SPIRDUSO, 2005). Com o avanço da idade, seres humanos apresentam alterações estruturais e funcionais tais como mudanças na composição corporal, em parâmetros fisiológicos e neurofisiológicos, nos sistemas sensoriais, no sistema neuromuscular, e na velocidade de processamento de informação no sistema nervoso central (SPIRDUSO, 2005).

Assim como os fatores biológicos, doenças e causas externas podem levar a população idosa a conseqüências funcionais, tais como alterações na realização das AVDs. Dentre as alterações na vida diária, a manutenção da mobilidade é um objetivo a ser mantido pela pessoa idosa que pode ser comprometida caso algum evento externo, tal como uma queda venha a ocorrer. A queda, segundo a Classificação Internacional de Doenças, é uma das causas externas, e representa um grande risco para população idosa, pois podem levar a lesões de partes moles, restrição prolongada ao leito, hospitalização, institucionalização, risco de doenças, fraturas, incapacidade e morte. Além disso, o medo de novas quedas leva o idoso a diminuir suas

atividades, provocando a síndrome da imobilidade (MacCulloch, Gardner et al. 2007).

O primeiro passo na elaboração e implementação de estudos científicos é o levantamento das variáveis envolvidas no decréscimo da habilidade de recuperar ou manter a orientação e o equilíbrio postural nesta população. Vários estudos ligam o aumento do número de quedas em idosos ao declínio da performance do sistema de controle postural dos mesmos (Blaszcyk, Lowe et al. 1994; Di Fabio and Emasithi 1997; Wade and Jones 1997; Berger, Chuzel et al. 2005). Este declínio pode estar relacionado à insuficiência súbita dos mecanismos neurais, musculares e/ou osteoarticulares envolvidos na manutenção da postura.

O controle postural possui dois objetivos comportamentais, denominados orientação e equilíbrio postural, e que estes objetivos são alcançados, segundo Horak e Macpherson (1996), a partir de um intrincado e dinâmico relacionamento entre informação sensorial e atividade muscular. No caso do idoso, a performance do sistema de controle postural poderia ser alterada como resultado das mudanças que ocorrem com o passar dos anos nos sistemas sensoriais e motores.

2.2 – Controle Postural e Envelhecimento

Apesar de parecer uma tarefa simples e até mesmo “automática”, a manutenção da postura ereta é resultado de um complexo conjunto de mecanismos responsáveis pelo equilíbrio das forças internas e externas que agem sobre o corpo humano. A importância deste equilíbrio se deve ao seu

papel no controle postural, que é garantir que a projeção do centro de massa corporal permaneça dentro dos limites da base de suporte, o que permite controle das velocidades e acelerações dos segmentos corporais (Winter 1995). Este controle é fundamental em qualquer ação motora pretendida ou realizada pelo ser humano.

Vários estudos têm apontado alterações no funcionamento e na performance do sistema de controle postural com o avanço da idade (Blaszczyk, Lowe et al. 1994; Wade, Lindquist et al. 1995; Di Fabio and Emasithi 1997; Prioli, Freitas Junior et al. 2005). Por exemplo, durante a manutenção da posição em pé, idosos oscilam mais que adultos jovens (McClenaghan, Williams et al. 1996; Ferraz, Barela et al. 2001), apresentam uma menor região e menos controlada excursão do centro de pressão em situações de alcance funcional (Blaszczyk, Lowe et al. 1994), além de uma maior área e velocidade média de oscilação corporal (Berger, Chuzel et al. 2005). De acordo com HAY, BART, FLEURY e TEASDALE (1996), estas mudanças no sistema de controle postural variam de acordo com o histórico do indivíduo, fatores genéticos e ainda hábitos diários relacionados ou não à fatores de risco ligados ao controle postural.

Apesar das diferenças encontradas entre a oscilação postural de adultos jovens e idosos na manutenção da postura ereta, estudos relataram que estas diferenças são mais evidentes em situações em que há um aumento da dificuldade da tarefa a ser realizada pelo indivíduo (Amiridis, Hatzitaki et al. 2003; Prioli, Cardozo et al. 2006). Um estudo realizado por Prioli et al. (2006) comparou o desempenho do sistema de controle postural e o relacionamento entre informação visual e oscilação postural entre adultos jovens e idosos, em

diferentes demandas da tarefa. Os participantes permaneceram em pé, em diferentes bases de suporte (normal, tandem e reduzida), ambos com olhos abertos ou fechados, com ou sem movimentação contínua de uma sala móvel. Os resultados mostraram que, em condições de suporte normal, com e sem manipulação da informação visual, não houve diferença entre os grupos etários. Entretanto, com o aumento da demanda da tarefa, os idosos apresentaram maior oscilação corporal e foram mais influenciados pela manipulação da informação visual que os adultos jovens. A partir dos resultados observados, os autores sugeriram que a demanda da tarefa tem um importante papel e deve ser cuidadosamente controlada quando o controle postural em idosos é estudado. Este controle pode ainda colaborar com a homogeneidade dos estudos com este foco, facilitando comparações e identificação de situações adversas, o que facilitaria o entendimento das causas de resultados conflitantes existentes na literatura.

O desempenho do sistema de controle postural, também pode ser aferido com base na capacidade do indivíduo em responder à perturbações externas, como por exemplo, movimentação da superfície de suporte na qual ele se encontra. Quando submetidos a esse tipo de perturbação externa, indivíduos idosos apresentam maior deslocamento do centro de pressão e de massa (Gu, Schultz et al. 1996; Nakamura, Tsuchida et al. 2001) e maior tempo de ativação da musculatura responsável pelo início da recuperação do equilíbrio afetado pela perturbação externa (Lin and Woollacott 2002; Ref.). Estes resultados indicam que com o envelhecimento, há uma piora na qualidade da resposta à perturbações externas, o que torna o indivíduo idoso

mais vulnerável á uma queda em situação de risco, como por exemplo, ao tropeçar andando pela calçada.

Infelizmente, ainda não se sabe ao certo se este declínio na qualidade das respostas ocorre devido à deterioração dos sistemas sensoriais, que levaria a dificuldade em perceber e estimar posição e velocidade dos segmentos corporais, ou se o problema estaria na dificuldade de execução da resposta motora adequada. Desta forma, estudos ainda são necessários para o entendimento das razões e origem do declínio do sistema de controle postural em idosos.

2.2.1 - Sistemas Sensoriais

Os sistemas sensoriais vestibular, somatossensorial e visual, são imprescindíveis para o controle da postura (Nashner 1981) e, com a evolução do processo de envelhecimento, apresentam alterações estruturais e funcionais decorrentes do envelhecimento. A seguir as principais alterações nestes sistemas são apresentadas.

2.2.1.1 - Sistema vestibular

O sistema vestibular é formado pelos órgãos otólitos (utrículo e sáculo) e pelos ductos semicirculares, sensíveis à aceleração linear e angular e da cabeça, respectivamente (Horak & Macpherson 1996). Este sistema modula reflexos posturais que, associados às informações proprioceptivas do pescoço, mantém a cabeça e o pescoço orientados verticalmente, fornecendo uma plataforma estável para o sistema visual (Grabiner & Enoka 1995). Tanto o reflexo vestibular quanto o sinal perceptivo vestibular têm um papel específico

na manutenção da postura ereta, principalmente sob condições em que outras informações sensoriais estão atenuadas ou ausentes (Bacsi & Colebatch 2005).

Em decorrência do processo de envelhecimento, alterações estruturais no sistema vestibular são observadas como a redução no número de células ciliadas vestibulares, e sua substituição por tecido fibroso (Rauch, Velazquez-Villasenor et al. 2001). Esta troca pode estar ligada à redução linear de neurônios vestibulares periféricos, responsáveis pelo transporte de informações entre esta região e o sistema nervoso central, mais especificamente, ao núcleo vestibular e ao cerebelo. Há também redução do número de neurônios da porção medial, lateral e descendente do núcleo vestibular, importantes para a coordenação dos movimentos dos olhos, cabeça e pescoço, e para o controle postural (Alvarez, Diaz et al. 2000).

Um meio utilizado para se identificar a contribuição do sistema vestibular no controle postural é a investigação do desempenho do sistema de controle postural de pacientes com patologias ou distúrbios vestibulares (Nashner, Black et al. 1982; Peterka 1995; Demura, Kitabayashi et al. 2005; Sparto, Furman et al. 2006). Em um desses estudos (Peterka & Benolken 1995), oscilação postural foi induzida com a utilização de rotações sinusoidais do ambiente visual em diferentes frequências e amplitudes e os autores observaram que, em indivíduos normais, a amplitude de oscilação visualmente induzida alcançava um nível de saturação com o aumento da amplitude do estímulo com os indivíduos passando a ser menos influenciados pelo estímulo visual. Por outro lado, indivíduos com perda vestibular bilateral não apresentam essa saturação, indicando que o sinal vestibular estava envolvido na ocorrência

do fenômeno de saturação. Peterka e Benolken (1995) sugeriram que os indivíduos com patologias ou distúrbios do sistema vestibular são mais influenciados pela manipulação visual e não utilizam o sistema somatossensorial para compensar o déficit vestibular e diminuir a influência desta manipulação.

Na mesma perspectiva, Sparto, Furman e Redfern (2006) realizaram um estudo buscando verificar os efeitos da idade e da hipofunção vestibular unilateral (HVU) nas respostas posturais ao fluxo óptico. Os autores verificaram que tanto o acoplamento quanto a magnitude de oscilação da cabeça em resposta ao estímulo óptico foram maiores em idosos com e sem HVU em comparação aos adultos jovens sem HVU. Além disso, adultos jovens apresentaram uma saturação com o aumento do estímulo, porém, não foi verificada nos grupos de idosos. Surpreendentemente, não foram encontradas diferenças entre os grupos de idosos com e sem HVU, indicando que o efeito da idade é mais importante que a presença da HVU na oscilação da cabeça em resposta ao fluxo óptico (Sparto, Furman & Redfern, 2006).

A similaridade ou disparidade de comportamento entre os grupos com e sem disfunção vestibular, pode estar relacionada ao grau desta disfunção. Esta hipótese é defendida por Nashner e colaboradores (Nashner, Black et al. 1982), em que a confiança no sinal visual dinâmico pode ser dependente do grau de compensação vestibular. Esta informação torna ainda mais evidente a dificuldade em se analisar a contribuição do sistema vestibular no controle postural, pela complexidade em avaliar a integridade e o grau de compensação deste sistema. Dificuldade que é maximizada quando se diz respeito a uma população de idosos e sem diagnóstico de patologias ou

distúrbios do sistema vestibular, pois sem esse diagnóstico torna-se inviável a identificação precisa dos efeitos do envelhecimento neste sistema.

De forma geral, diversos estudos demonstraram que com o envelhecimento ocorre comprometimento do sistema vestibular, e idosos passam a responder com maior amplitude a qualquer manipulação dos estímulos sensoriais dos demais canais e em específico ao estímulo visual.

2.2.1.2 - Sistema Visual

O sistema visual fornece informações a respeito da direção e velocidade dos segmentos corporais em relação ao ambiente (Nashner 1981). Segundo Paulus et al., (1989), quando o indivíduo permanece em postura ereta não perturbada, o deslocamento de um alvo ou cenário visual estruturado na retina é o principal estímulo visual para o sistema de controle postural controlar o grau de oscilação corporal na direção ântero-posterior. Desta forma, o sistema de controle postural busca minimizar as alterações do cenário visual na retina, minimizado desta forma a oscilação corporal.

A visão tem um importante papel na manutenção da estabilidade postural de idosos, particularmente em situações mais desafiadoras (Lord, Sherrington et al. 2001; Prioli, Cardozo et al. 2006) e, em virtude das mudanças estruturais que ocorrem no sistema visual em decorrência do envelhecimento, a capacidade funcional deste sistema também é alterada. De acordo com revisão de literatura realizada por Maki e Mcilroy (1996), idosos sofrem redução da acuidade visual, da sensibilidade ao contraste, da percepção de profundidade e da adaptação em ambientes escuros. Há também diminuição na capacidade de detectar mudanças de direção do fluxo óptico. Com essas

alterações, idosos apresentam dificuldade em perceber mudanças no ambiente, tais como, alterações nas características do piso, desníveis e obstáculos (Lord, Sherrington et al. 2001). Em estudo recente, Toledo (2008) comparou os resultados obtidos após um grupo de idosos e outro de adultos jovens realizarem testes de acuidade visual e sensibilidade ao contraste e constatou que indivíduos idosos mostraram desempenho inferior aos jovens em ambos os testes. Resultados similares observados em outros estudos (Verrillo and Verrillo 1985; Grenne and Madden 1987; Lord and Ward 1994)

Em relação ao papel do sistema visual no controle postural de idosos, tem sido observado que a diminuição de acuidade e sensibilidade ao contraste visual, especificamente, parece provocar aumento da oscilação postural (Lord, Clark et al. 1991; Lord and Ward 1994; Lord and Menz 2000), e na inabilidade de realização das AVDs (Haymes, Johnston et al. 2002), aumentando a predisposição à quedas nesta população.

Lord, Clark e Webster (1991) verificaram a relação entre performance visual (acuidade visual e sensibilidade ao contraste), oscilação corporal e quedas em idosos. Os resultados mostraram que, proporcionalmente ao envelhecimento houve diminuição da acuidade visual e sensibilidade ao contraste. Não houve associação destas variáveis com a situação dos indivíduos situados em base rígida, porém, quando os mesmos estavam sob base de espuma, situação em que há alteração da informação proprioceptiva, foi constatada associação entre o aumento da oscilação corporal e pior performance nos testes visuais. O estudo ainda registrou desempenho inferior dos idosos “caidores” no teste de sensibilidade ao contraste quando comparados à idosos “não caidores”. Esta informação sinaliza a redução da

visão como possível fator de risco na incidência de instabilidade postural e quedas.

Diversos estudos investigam a contribuição do sistema visual para o controle postural por meio de manipulações da informação fornecida e verificação da resposta postural desencadeada por esta manipulação. Esta estratégia tornou-se popular e amplamente utilizada, principalmente pela sua simplicidade logística, haja vista que o simples fato do indivíduo fechar um ou ambos os olhos é suficiente para que se tenha alterações no estímulo sensorial e influencia no desempenho do controle postural. Também não tem sido encontrados na literatura estudos que relatem mudanças visuais como preditoras de alterações no controle postural (Lord and Menz 2000; Toledo 2008) .

De forma geral, diversas alterações ocorrem no funcionamento do sistema visual de idosos, entretanto a relação e contribuição destas alterações no controle postural desta população ainda são questionáveis e necessitam ser melhor elucidadas.

2.2.1.3 - Sistema somatossensorial

O sistema somatossensorial é composto por um grande número de receptores responsáveis por captarem a posição e a velocidade de todos os segmentos corporais, seu contato com objetos externos, inclusive o chão, e a orientação da gravidade (Winter 1995). Esses receptores podem ser divididos em: exteroceptores e proprioceptores. Os exteroceptores possuem sensibilidade ao toque, à vibração e à pressão. Os proprioceptores são sensíveis às alterações no comprimento e tensão dos músculos (pelos fusos

neuromusculares e órgãos tendinosos de Golgi) e são sensíveis ao movimento articular (receptores articulares).

Em idosos, o sistema somatossensorial encontra-se funcionalmente alterado (Petrella, Lattanzio et al. 1997; Hurley, Rees et al. 1998; Nelson, Rejeski et al. 2007). Esse decréscimo no desempenho desse sistema resulta, entre outros efeitos, no aumento do limiar de detecção de vibração pelos receptores cutâneos, principalmente nos membros inferiores (Era, Jokela et al. 1986; Kenshalo 1986), diminuição da sensibilidade ao toque (Toledo 2008) e discriminação de dois pontos (Brocklehurst, Robertson et al. 1982; Verrillo and Verrillo 1985; Kenshalo 1986), além de diminuição do senso de posição articular (Hogan and Flash 1987; Petrella, Lattanzio et al. 1997; Hurley, Rees et al. 1998; Bullock-Saxton, Wong et al. 2001).

Bullock-Saxton, Wong e Hogan (2001) relataram diferenças significativas ao compararem o desempenho de adultos jovens e idosos em um teste para aferir o senso de posição articular do joelho. No teste do referido estudo, os participantes deveriam reproduzir ativamente a amplitude de movimento, previamente realizada em torno de 20° a 35° de flexão de joelho, nas condições de descarga total e parcial de peso. Um dado que deve ser destacado é que somente na condição de descarga parcial de peso os idosos não conseguiram reproduzir corretamente a amplitude de movimento, indicando que quando há descarga total de peso, os idosos se comportam similarmente aos adultos jovens quanto ao senso de posição articular. Quando o senso de posição articular é testado ativamente, podem ocorrer contribuições maximizadas dos receptores musculares, devido à própria contração muscular e ativação dos fusos musculares envolvidos naquele determinado movimento é

possível, então, afirmar que a integridade a integridade proprioceptiva pode não estar sendo consistentemente definida. Buscando a anulação deste viés, a comunidade científica vêm desenvolvendo e implementando protocolos com características diferentes do citado para avaliação do senso de posição articular. Por exemplo, Bonfim et al. (Bonfim, Paccola et al. 2003) utilizaram o *Continuous Passive Motion* para avaliar o limiar de percepção de movimento passivo na articulação do joelho em indivíduos com reconstrução do ligamento cruzado anterior. A utilização desta estratégia possibilitou aos autores identificar diferenças na função proprioceptiva entre o grupo lesado e o grupo não lesado (propriocepção deteriorada nos lesados). Este método de avaliação mostrou-se mais adequado para investigar minuciosamente a função proprioceptiva em indivíduos idosos, incluindo a possibilidade de associar tais dados com os de controle postural, uma vez que grande parte dos estudos avalia somente a reprodução ativa de posição ou amplitude de movimento nesta população (Toledo, 2008).

Tão importante quando a função proprioceptiva, sensibilidade cutânea também tem sido avaliada em idosos. Lord e Ward (1994) utilizaram monofilamentos de diferentes espessuras para aferir o limiar de percepção ao toque de idosos e observaram que este se encontra elevado com o avanço da idade. Neste mesmo estudo, os autores objetivaram analisar a influência da deterioração dos sistemas vestibular, visual e somatossensorial na estabilidade postural de idosos. Foi constatado que, em condições normais, não desafiadoras, o aumento da oscilação postural em idosos está associado à perda sensorial dos membros inferiores, enquanto os sistemas visual e vestibular são aparentemente secundários na manutenção da postura nestas

condições. Já em situações mais desafiadoras, como permanecer em pé sobre uma espuma, em que as informações proprioceptivas estão alteradas, o aumento da oscilação corporal com a idade está associado à deterioração do sistema visual e ao declínio de força muscular dos membros inferiores. Em estudo recente, Toledo (2008) realizou uma importante análise comparativa entre idosos e adultos jovens no que se diz respeito à sensibilidade cutânea e sensibilidade ao movimento passivo de joelho e tornozelo, revelando que idosos apresentam menor sensibilidade cutânea e necessitam de um maior deslocamento para perceberem o movimento passivo tanto ao redor da articulação do joelho como do tornozelo.

De forma geral, os idosos sedentários apresentam redução na sensibilidade e percepção cutânea e articular de membros inferiores, o que pode influenciar diretamente na instabilidade postural e conseqüentemente, incidência de quedas. Assim, é necessário investigar o quanto o exercício físico poderia auxiliar na prevenção ou até mesmo recuo destas perdas.

2.2.2 – Sistema Neuromuscular

Sob condições normais, o nível de força muscular produzido por seres humanos diminui acentuadamente após os 60 anos de idade (Hakkinen and Hakkinen 1991; Hakkinen, Pastinen et al. 1995). Um estudo recente de Toledo (2008) revelou que a capacidade de idosos de produzir torque articular no tornozelo e joelho tanto no sentido da flexão como da extensão é menor do que adultos jovens, podendo chegar à metade no caso do movimento de extensão de joelho realizada por indivíduos masculinos idosos. Além da diminuição dos níveis de força, o tempo necessário para a produção máxima

de força também é aumentado (Hakkinen and Hakkinen 1991; Vandervoort 1992; Young and Skelton 1994; Mackey and Robinovitch 2006).

A redução da força muscular nos membros inferiores é o fator de risco de quedas mais comumente citado na literatura (American Geriatrics Society 2001). Tal fraqueza está associada principalmente a mudanças estruturais no sistema músculo-esquelético dos idosos como a sarcopenia. A sarcopenia é uma das mais notáveis alterações que ocorrem com o envelhecimento e está relacionada à diminuição no número e no tamanho das fibras musculares e sua capacidade de produzir força (Frontera, Hughes et al. 2001). Concomitantemente à ocorrência da sarcopenia, ocorre um aumento na quantidade de gordura intramuscular e da área preenchida por tecido conectivo (Kent-Braun, NG et al. 2000; Goodpaster, Carlson et al. 2001).

Fatores neurais como a redução do número de unidades motoras, diminuição da quantidade de neurônios motores na medula espinhal e redução da capacidade do sistema nervoso central em enviar impulsos nervosos e ativar as unidades motoras (Hakkinen and Hakkinen 1991) também fazem parte dos efeitos deletérios do envelhecimento sobre a produção de força muscular e aumento no tempo para que um músculo ou grupo muscular atinja o pico de produção de força.

A diminuição de força e aumento do tempo para produção de força máxima podem prejudicar a capacidade de geração de torque adequado nas articulações responsáveis pela manutenção da postura. Este fator pode ser considerado um preditor da instabilidade postural e ocorrência de quedas em idosos. Laughton et al. (2003) relacionaram a atividade muscular de membros inferiores com a incidência de quedas e idade. Comparados com adultos

jovens, idosos apresentaram três vezes mais ativação e co-ativação muscular em alguns músculos. Este resultado sugere que os idosos utilizam esta maior atividade, ainda que não planejada, como estratégias de compensação pela redução da força muscular e em alguns momentos melhorar a sensibilidade nas articulações.

Alguns estudos relatam, no entanto, que indivíduos idosos não apresentam diminuição dos níveis de força dos músculos dorsiflexores do tornozelo (Martin 2005; Simoneau 2005) e que a capacidade de ativação muscular voluntária não se altera com o envelhecimento (Klass, Baudry et al. 2005), podendo ser tão eficazes quanto adultos jovens. De fato, em ângulos reduzidos, indivíduos idosos apresentam manutenção dos níveis do percentual de força utilizado (Spiriduso, Francis et al. 2005).

Há relatos de que a habilidade necessária para um indivíduo manter o controle postural seja em condição estável ou na busca pela recuperação do equilíbrio após uma perturbação, não depende somente da magnitude do torque gerado, mas também, do tempo gasto pelo sistema de controle postural para gerar este torque, já que em idosos há a diminuição a velocidade de processamento centro de informações e transmissão de impulsos nervosos (Horak, Diener et al. 1989). Assim, Robnovitch et al.(2002) combinaram experimentos e modelos matemáticos para determinar como a magnitude e a velocidade de torque afetam essa habilidade de recuperar o equilíbrio a partir da estratégia do tornozelo. Os resultados mostraram que a capacidade de recuperação do equilíbrio, numa situação de perturbação inesperada, está limitada substancialmente pelo atraso no início de geração de torque.

Com o passar dos anos, ocorre também, de forma relativamente gradativa, a redução da amplitude articular de movimento, sendo ocasionada principalmente pelo aumento na quantidade de colágeno nos tecidos conectivos, e degeneração das fibras de elastina dos músculos e tecidos conectivos (Holland, Tanaka et al. 2002). É possível que esta redução no componente flexibilidade possa dificultar a recuperação do equilíbrio postural em resposta a perturbações externas, o que aumentaria o risco de quedas (Vandervoort 1992). Em outro estudo, Vandervoort e colaboradores (Vandervoort ...1992) observaram que idosos possuem maior resistência passiva no movimento de dorsiflexão do tornozelo, diminuição da amplitude de movimento ativa e diminuição na força de dorsiflexão desta articulação, sugerindo que a diferença na força de dorsiflexão entre adultos jovens e idosos está diretamente relacionada aos baixos valores de amplitude de movimento ativo de dorsiflexão de tornozelo, porém, esta redução da amplitude de movimento só afetaria o controle postural em casos de limitação ou redução extremas.

De forma geral, o idoso é acometido por uma série de alterações nos componentes de capacidade funcional, o que de certo modo só prejudica de forma significativa as atividades da vida diária, principalmente se forem alterações extremas. Porém, em situações inesperadas como tropeçar, escorregar ou desviar de um objeto, estes componentes são requisitados de forma mais intensa e a resposta motora deve ser rápida e eficaz. Esta resposta depende também do relacionamento entre a informação sensorial e ação motora, como é levantado no tópico a seguir.

2.2.3 – Relacionamento entre informação sensorial e ação motora

O funcionamento do controle postural é alcançado a partir de um relacionamento dinâmico entre informação sensorial e ação motora (Horak & Macpherson 1996). Neste caso, informações sensoriais são integradas nos centros superiores do sistema nervoso central, possibilitando a formação de um quadro de referência utilizado para identificar o relacionamento entre os segmentos e a orientação destes segmentos com o ambiente (Jeka, Oie et al. 2000) e servir de base para desencadear a atividade muscular necessária para recuperar ou manter o equilíbrio postural necessário.

Com base nos relatos dos efeitos negativos do envelhecimento nos sistemas sensorial e motor, devemos concluir que o relacionamento entre os mesmos também estaria prejudicado em idosos, já que o uso de informações provenientes dos sistemas sensoriais e o funcionamento do sistema neuromuscular. A alteração na qualidade ou precisão das informações poderia afetar de forma direta o acoplamento entre informação sensorial e ação motora, aumentando não só a margem de erro das respostas motoras frente à perturbações, mas também o risco de quedas. Da mesma forma, alterações no sistema neuromuscular também podem impedir respostas motoras mais apropriadas para cada situação.

Uma estratégia utilizada no estudo do acoplamento entre informação e ação é a manipulação da informação sensorial verificando as respostas motoras decorrentes desta manipulação, como acontece no paradigma da sala móvel (Dijkstra, Schöner et al. 1994; Polastri, Barela et al. 2001) que consiste na movimentação do cenário visual e observação da

oscilação corporal decorrente desta manipulação. Nesta situação, há um conflito sensorial entre as informações provenientes do sistema visual, vestibular e somatossensorial. A solução para este conflito é atribuir pesos diferentes aos canais sensoriais, dependendo da relevância de cada um no contexto da tarefa.

Wade e colaboradores (Wade, Lindquist et al. 1995) foram os pioneiros a examinar a influência da informação visual na oscilação corporal em idosos, através de movimentos discretos de uma sala móvel. Neste estudo, indivíduos idosos foram mais susceptíveis às manipulações do fluxo óptico e apresentaram maior oscilação corporal quando comparados a adultos jovens. Estes autores sugeriram que indivíduos idosos apresentam maior oscilação corporal devido a diminuição da capacidade dos sistemas somatossensorial e vestibular em detectar movimentos corporais, resultando em maior influência das informações visuais no controle postural.

No estudo de, Prioli, Freitas Junior e Barela (2005) idosos foram expostos a movimentos contínuos e discretos (movimento retilíneo, de maior amplitude, para frente ou para trás) de uma sala móvel. Os autores observaram que, na situação contínua, o relacionamento entre informação visual e oscilação corporal foi mais forte em idosos. Na situação discreta, os idosos apresentaram maior deslocamento corporal, induzido pelo movimento da sala, comparados aos adultos jovens. Assim, foi sugerido que idosos não apresentam problemas em detectar a informação sensorial manipulada, tendo em vista que em ambas as situações os idosos foram influenciados pela manipulação visual. Entretanto, é possível sugerir que estes apresentariam problemas no processo de integração sensorial, que possibilitaria discriminar

situações conflitantes e, com base na utilização da informação sensorial mais relevante, produzir atividade motora apropriada para alcançar ou manter uma posição corporal desejada num menor tempo possível.

Com base nos diversos estudos encontrados na literatura referente, podemos afirmar que quando submetidos a situação de conflito sensorial, principalmente aquelas que exigem maiores demandas do sistema de controle postural (Prioli, Freitas Junior et al. 2005), idosos apresentam dificuldades em resolver a situação conflitante. É importante ressaltar que tanto idosos quanto adultos jovens são influenciados de forma semelhante quando a manipulação da informação visual gerada por uma sala móvel acontece de forma discreta ou periódica (Toledo 2008). Esta semelhança não é observada quando a manipulação ocorre de maneira periódica complexa e não periódica (Toledo 2008), em que idosos são mais influenciados do que adultos jovens.

Grande parte das quedas em idosos ocorre em situações onde há algum tipo de conflito sensorial. Uma das hipóteses levantadas por Prioli, Freitas Junior e Barela (2005) é que idosos necessitam de um tempo maior para processar todas as informações presentes em uma situação de conflito sensorial e, como consequência, ocorre um maior deslocamento corporal comparados a adultos jovens, que conseguem resolver a situação num tempo menor. Portanto, a obtenção de um conhecimento preciso e rápido da situação em questão parece ser crucial para que o sistema de controle postural de idosos possa manter a estabilidade postural.

Ainda em relação às dificuldades dos idosos em responder de maneira ótima às situações impostas, Makey e Robinovitch (2006) examinaram a importância relativa da força (pico de torque angular) e da velocidade de

resposta (tempo de reação) na habilidade dos indivíduos em utilizar a estratégia do tornozelo para recuperar o equilíbrio a partir de um determinado ângulo de inclinação corporal. Ao compararem mulheres jovens e idosas, os resultados indicam que tanto a força quanto a velocidade de resposta, são menores para as mulheres idosas. Os autores propuseram que o atraso no tempo de resposta ocorreu devido a diferenças neurais de percepção do estímulo e de processamento de comandos motores como a diferença temporal entre a perturbação e início de ativação muscular.

A partir da movimentação da superfície de suporte também é possível verificar as respostas posturais observando eventos desencadeados pela perturbação e participantes da produção da resposta. Um dos eventos é a latência para ativação muscular após perturbação do equilíbrio. A partir da quarta década de vida há aumento da latência para ativação muscular, que é mais evidente em idades avançadas (Woollacott 2002; Freitas Jr, Knight & Barela, 2010). A diminuição da capacidade de processamento e integração da informação sensorial causa aumento do tempo gasto para detectar a perturbação (Woollacott and Shumway-Cook 1986). Este aumento na latência também sofre influencia da diminuição da velocidade de condução nervosa aferente e eferente verificada em idosos (Rivner, Swift et al. 2001).

Mussolino et al (2006) investigaram como uma relativa previsibilidade de um cenário visual em movimento influencia a magnitude de oscilação corporal. Previsibilidade, para estes autores, é um mecanismo capaz de estimar futuros estados sensoriais, e facilitar a integração sensorial, diminuindo o tempo requerido para processar as informações sensoriais. No caso deste estudo, a previsibilidade seria fornecida, através de sinais

sinusoidais contínuos e periódicos. Os indivíduos foram expostos à movimentação de um cenário visual composto por três frequências, simultaneamente, que se repetiam continuamente de maneira periódica e não-periódica. Os autores observaram que o sinal periódico desencadeou maiores amplitudes de oscilação corporal, comparado ao não-periódico, levando-os a sugerir que o sistema de controle postural pode, de fato, ser sensível à periodicidade do fluxo óptico, entretanto, esta periodicidade não foi acompanhada por atenuação da oscilação em resposta ao fluxo óptico periódico. Acredita-se que um entendimento dos mecanismos corretivos e preditivos envolvidos no controle postural possibilite um entendimento mais completo das alterações de estabilidade presentes nos idosos.

A diminuição na produção de força e desempenho do sistema muscular em idosos, dentre outras coisas, têm como consequência a redução na capacidade de gerar torque nas articulações responsáveis pela manutenção da postura são fatores que aparecem como preditores da instabilidade postural e aumento do risco e ocorrência de quedas em idosos (Laughton, Slavin et al. 2003). No entanto, estudos recentes têm sugerido que a manutenção da postura ereta estável, na recuperação do equilíbrio após uma situação de perturbação não depende somente da magnitude do torque articular gerado, mas também do tempo gasto pelo sistema de controle postural para gerar este torque, ou seja, tempo de reação e nível de adequação da resposta motora gerada. HORAK, SHUPERT e MIRKA (1989) sugeriram que idosos apresentam uma diminuição na velocidade de processamento central de informação e na velocidade de transmissão de impulsos nervosos (Dorfman and Bosley 1979; Rivner, Swift et al. 2001). Uma latência maior para início da contração muscular

após perturbação foi observada com o aumento da idade. Assim, este atraso em iniciar uma resposta motora seria outro fator comprometedor para que respostas posturais sejam realizadas para restabelecer a posição corporal desejada em idosos.

2.2.4 - Envelhecimento, atividade física e controle postural

A Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte (SBME) e Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia (SBGG) se posicionam claramente quanto a importância da prática regular de atividade física na melhora da qualidade e expectativa de vida do idoso (Cristopoliski e colaboradores, 2007).

Com o objetivo de investigar a relação entre nível de atividade física, força muscular e incapacidade motora em idosos, Tantanem e colaboradores (1999) realizaram um estudo envolvendo 1002 idosos, sendo observadas as variáveis nível de atividade física e força de preensão manual e flexão de joelho. Os autores verificaram que o nível de atividade física tem grande relação com a força de extensão de joelho. No mesmo estudo, em relação à incapacidade, foi verificado que o aumento da incapacidade de idosos em realizar as atividades da vida diária é inversamente proporcional aos níveis de atividade física. Alguns estudos referentes à prática de exercícios físicos por idosos e seus benefícios são relatados a seguir.

Em estudo que buscava verificar a influência da força e nível de atividade física no tempo de reação em mulheres (Hunter, Wetzstein et al. 2001) foi constatado que mulheres idosas com menores níveis de força e atividade física apresentam maiores tempos de reação. Esse aumento no

tempo de reação pode provocar maior chance de quedas em uma situação inesperada em que fosse necessária uma resposta motora rápida.

Um programa de atividade física generalizada e intensidade moderada pode também melhorar significativamente os níveis de agilidade em indivíduos idosos e ainda, manter tal melhora no decorrer do treinamento (Miyasike-da-Silva, Villar et al. 2002). Tal melhora pode contribuir para a autonomia do indivíduo idoso na realização de suas atividades diárias e em conseqüência, melhorar sua qualidade de vida, já que indivíduos com melhor desempenho neste componente de capacidade funcional estão menos suscetíveis a quedas ou desequilíbrios.

James e Parker (1989) estudaram o desenvolvimento da flexibilidade em 80 adultos idosos saudáveis de 70 a 92 anos, divididos em 4 grupos etários. Mensurando a flexibilidade em 10 articulações, com o propósito de verificar a magnitude da flexibilidade passiva e da flexibilidade ativa, concluíram que o treinamento deste componente capacidade funcional é de grande valor nessas idades, sendo a flexibilidade ativa necessária para a execução de inúmeras AVDs.

Warburton e colaboradores (2001) relatam que existe uma relação entre flexibilidade e os indicadores de estado de saúde, estando ligada ao impacto do envelhecimento na flexibilidade e nas mudanças do estado funcional, podendo influenciar diretamente na amplitude de movimento. Estes autores ressaltam que uma boa qualidade nos níveis de flexibilidade influencia diretamente e positivamente a performance durante exercícios físicos, já que flexibilidade reduzida, principalmente no quadril, pode diminuir até mesmo a velocidade da marcha, dificultar a entrada em transportes públicos, subir ou

descer escadas, aumentar a incidência de quedas dentre outros problemas, podendo com isso reduzir a independência do indivíduo no dia a dia (Cristopoliski e colaboradores, 2009).

Especificamente, além dos benefícios na qualidade de vida, os resultados de diversos apontam benefícios da prática regular de atividade física no controle postural de idosos (Lord, Ward et al. 1995; Gauchard, Jeandel et al. 1999; Ferraz, Barela et al. 2001). Porém, ainda não estão claros quais fatores poderiam estar colaborando para tais benefícios da atividade física no controle postural em idosos.

Recentemente foi observado que atividade física pode minimizar os efeitos do envelhecimento nas respostas do sistema de controle decorrentes de manipulação da informação visual (Prioli, Freitas Junior et al. 2005; Barela 2009). Neste caso, idosos ativos apresentaram deslocamento corporal similar ao de adultos jovens desencadeados pela sala móvel e menor que idosos sedentários. Granacher, Jeandel, Tessier e Perrin (2006) observaram que programas de exercícios sensoriomotores em idosos provocam redução da latência e redução do desequilíbrio postural causada por uma perturbação externa. Estes autores sugeriram que os exercícios sensoriomotores melhoraram a recepção e processamento sensoriais, otimizando a integração central e produzindo respostas motoras mais adequadas. TANG e WOOLLACOTT (1998) sugeriram que com atividades que buscassem melhorias no processamento da informação sensorial seria possível aumentar significativamente a capacidade de idosos manterem o equilíbrio, seja em tarefas específicas ou na realização das atividades da vida diária.

Os efeitos da atividade física no controle postural de idosos têm sido observados em diversos protocolos e atividades. Por exemplo, melhoras significativas foram observadas no equilíbrio de idosos após a participação em programas de treinamento de força (Nelson, Fiatarone et al. 1994; Etinger, Burns et al. 1997; Seguin and Nelson 2003). Resultados similares foram observados em atividades envolvendo trabalho de agilidade e resistência (Liu-Ambrose, Khan et al. 2004), atividades proprioceptivas e atividades que envolvem coordenação (Gauchard, Jeandel et al. 1999) Mais interessante, entretanto, é que a atividade física, em geral, independente do tipo de exercício, promove benefícios no controle postural de idosos, sendo necessário que a mesma seja realizada regularmente (Gauchard, Jeandel et al. 1999).

Judge, Lindsey, Underwood e Winsemius (1993) constataram que um programa de atividade vigorosa, incluindo o treinamento de força, resistência aeróbia, equilíbrio e flexibilidade, é mais eficiente e eficaz na melhora do equilíbrio em idosos do que um programa de atividade física que incluía somente o treinamento de flexibilidade e equilíbrio. De forma geral, um programa de atividade física para os idosos deveria incluir exercícios aeróbios de baixa intensidade, exercícios resistidos para estimular a manutenção da força muscular, flexibilidade e equilíbrio (Matsudo, Matsudo et al. 2001).

Apesar das evidências dos efeitos da atividade física no controle postural em idosos, não está totalmente elucidado em quais mecanismos a prática de atividade física estaria atuando de maneira mais efetiva: sensorial, motor ou em ambos – relacionamento entre informação sensorial e ação motora. Ainda, quais seriam as alterações que estariam provocando mudanças no funcionamento do sistema de controle postural com o a prática de atividade

física? Definitivamente, os resultados observados na literatura questionam uma resposta vinculada apenas à melhora na produção de torque muscular ou deterioração dos sistemas sensoriais e, assim, uma verificação mais completa necessita ser realizada. Sendo assim, faz-se necessário examinar as possíveis alterações decorrentes de um programa de atividade física nos sistemas sensorial, motor e na relação entre estes e os possíveis efeitos na capacidade funcional de um grupo de idosos.

3 – OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi examinar o efeito de um programa de atividade física generalizada e sistematizada no funcionamento do sistema de controle postural quanto à performance, aspectos sensoriais e motores e na capacidade funcional em idosos.

4 – MÉTODO

4.1 – Participantes

Participaram deste estudo 13 pessoas, com idade entre 60 e 70 anos e provenientes da comunidade de Rio Claro, e que não tivessem participado de qualquer programa de atividade física nos últimos 2 anos. Informações sobre a composição da amostra e dados antropométricos dos participantes são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Médias e desvios-padrão dos dados antropométricos dos participantes do presente estudo.

n=13	IDADE	PESO	ESTATURA	IMC
MÉDIA	63	75,14	1,60	29,26
DP	2,45	14,39	0,07	5,49

Os participantes foram incluídos em um programa regular e sistematizado de exercícios físicos, desenvolvido no Departamento de educação física do Instituto de Biociências, Campus de Rio Claro. Estes participantes passaram por avaliação clínica descrevendo limitações ou patologias e um breve histórico médico antes do início dos procedimentos. Também foi solicitado que os participantes assinassem um termo de consentimento livre e esclarecido, aprovado pelo Comitê de Ética do Instituto de Biociências da UNESP, Campus de Rio Claro, antes da participação no estudo. Como forma de obter mais controle sobre o nível de atividade física dos participantes, foi aplicado o Questionário de Baecke Modificado para

Idosos¹ (anexoXX), que abrange três áreas básicas: atividades domésticas, atividades esportivas e atividades de lazer.

¹ Adaptado de Modified Baecke Questionnaire for Older Adults. **Official Journal of the American College of Sports Medicine**, v.29, n.6, p.S117-S121, 1997.

4.2 – Procedimentos

Cada participante passou por uma bateria de testes. Esta bateria de testes foi aplicada antes e após o período de envolvimento no programa de atividade física. Os testes foram realizados no Laboratório para Estudos do Movimento (LEM – Departamento de Educação Física, Instituto de Biociências, UNESP – RC), em ambiente seguro, com piso, ventilação e iluminação adequados. A seguir, os procedimentos e as principais variáveis dependentes destes testes são apresentadas de forma resumida.

4.2.1 - Testes sensoriais

4.2.1.1 - Sistema Visual

Como sugerido por Owsley (2003), para a maioria das pessoas, a medida de acuidade visual e de sensibilidade ao contraste seriam uma indicação adequada de performance visual. Logo, esses foram os testes utilizados para avaliação funcional do sistema visual.

Acuidade visual

Objetivo: Identificar acuidade visual do sujeito em relação à normal.

Descrição: foi utilizada a Escala Optométrica onde cada fileira é designada por figuras “E”, giradas aleatoriamente em quatro orientações diferentes e ao longo do quadro, sendo que a cada fileira, o tamanho das figuras é reduzido progressivamente. O indivíduo é posicionado a 5 metros de distância deste quadro e cada olho deve ser testado separadamente. Para cada alvo, o paciente é instruído a apontar na mesma direção das três "barras" do E (para cima, para baixo, para a direita, para a esquerda). A acuidade visual a ser registrada foi aquela em que a pessoa consiga enxergar até 2/3 da linha de optotipo. A Figura 1 ilustra a Escala Optométrica que será utilizada para avaliar a acuidade visual dos participantes.

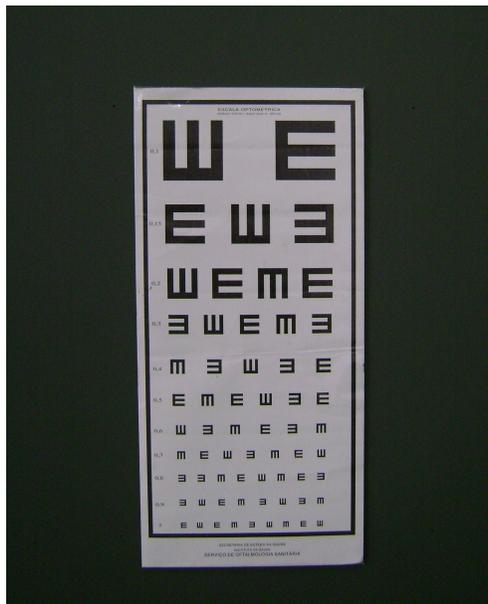


Figura1. Escala Optométrica utilizada no teste de acuidade visual

Variável dependente: A acuidade visual registrada foi aquela em que a pessoa consiga enxergar até 2/3 da linha de optotipo. A acuidade é marcada pelo número correspondente à linha em que a pessoa consiga enxergar até 2/3 da linha de optotipo. Por exemplo, se a linha contém 6 optotipos, ele deverá acertar 4. A escala vai de 0,1 a 1, sendo este último correspondente à fileira que uma pessoa com visão normal é capaz de enxergar.

Sensibilidade ao contraste

Objetivo: Detectar deterioração visual, problemas na performance visual.

Descrição: Foram apresentados aos participantes, optotipos em formato de setas que apontam para baixo, para cima, para direita ou para esquerda, através de um monitor LCD de 15 polegadas posicionado a aproximadamente 70 centímetros de distância dos olhos do participante, conforme ilustrado na figura 2. A avaliação será iniciada com a apresentação de um optotipo com o máximo de contraste (100%) entre o mesmo e o fundo branco da tela, a partir deste, os próximos optotipos foram apresentados com redução gradativa do contraste, sem alteração de cor ou tamanho. A cada optotipo houve a redução de 0,15 unidades logarítmicas, correspondendo às seguintes porcentagens de contraste: 100, 70, 50, 36, 25, 18, 9, 6, 4, 3, 2 e 1%.



Figura 2: Situação experimental da avaliação de sensibilidade ao contraste visual.

Variável dependente: Sensibilidade ao contraste é expressa em decibéis, onde $\text{dB} = -10\log_{10} \text{contraste}$.

4.2.1.2 - Sistema somatossensorial

Sensibilidade cutânea

Objetivo: Avaliar e quantificar a o limiar de pressão da pele

Descrição: Utilização do Kit Estesiômetro para teste de sensibilidade cutânea (Semmes-weinstein Monofilaments). Consiste em um conjunto de 6 monofilamentos de nylon, de comprimentos iguais, cores e diâmetros diferentes, que exercem pressão de 0.05 a 300g, quando aplicados sobre a pele. A aplicação foi feita a partir de um posicionamento num ângulo de aproximadamente 90 graus entre o filamento e a pele do avaliado, e a pressão foi feita lentamente até atingir a força suficiente para curvar o filamento. O teste começa com o filamento menos espesso, e o avaliado, com os olhos fechados é instruído a responder “sim” quando sentir a pressão na pele, e deverá indicar o local em que sentiu a pressão do filamento. Os dois filamentos menos

esessos podem ser aplicados até 3 vezes, sendo que uma única resposta positiva é o suficiente para indicar a sensibilidade no nível indicado. O teste foi realizado na superfície plantar da primeira articulação metatarsofalangeana de ambos os pés do avaliado (MENZ; MORRIS e LORD, 2006). A Figura 3 ilustra o Kit Estesiômetro que foi utilizado para o teste de sensibilidade cutânea.

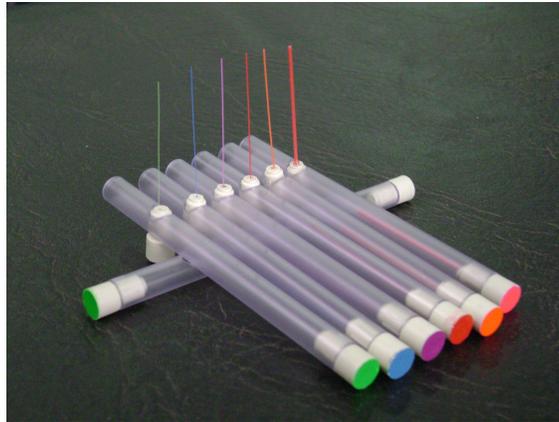


Figura 3. Kit Estesiômetro para teste de sensibilidade cutânea (Semmes-weinstein Monofilaments)

Variável dependente: Resposta positiva do participante quanto a percepção da sensibilidade durante a aplicação do estesiômetro, dada em gramas do estesiômetro percebido.

Sensibilidade ao movimento passivo

Objetivo: Determinar o limiar de detecção de movimento passivo

Descrição: Foi desenvolvido um equipamento em que, na posição sentada, com as pernas pendentes (em torno de 90 graus) o segmento da perna direita foi ora flexionado, ora estendido a 0,5 graus/segundo, a partir de um sistema de servo-mecanismo no qual o participante encostava a parte posterior (próximo ao calcanhar) do calçado. Assim que o participante, que esteve de olhos fechados, detecta que o segmento da perna está sendo

movimentado, ele deveria interromper o movimento do servo-mecanismo, apertando um interruptor, mantido em sua mão durante a execução do teste. O participante não teve informação visual do membro inferior. A partir da mesma posição, o mesmo foi feito com o tornozelo direito do participante, que ora foi feito dorsiflexão, ora flexão plantar. O equipamento e posicionamento do participante durante a coleta são ilustrados na Figura 4.

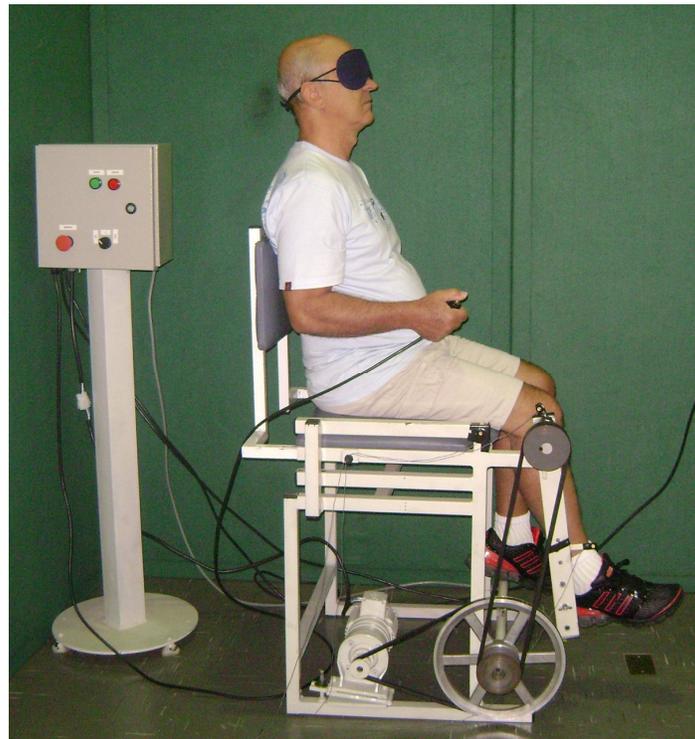


Figura 4. Situação experimental da avaliação de sensibilidade ao movimento articular passivo.

Variável dependente: Deslocamento em graus da posição inicial até a posição em que o movimento foi detectado e o equipamento desligado. Quanto menor o deslocamento, menor o limiar de detecção de movimento passivo, indicando que a informação somatosensorial apresenta uma melhor qualidade.

4.2.1.3 - Sistema Motor

Produção de torque articular

Objetivo: Quantificar a capacidade de produção de torque articular ao redor da articulação do joelho e do tornozelo, tanto em flexão quanto em extensão.

Descrição: Este teste foi realizado de acordo com a recomendação de procedimento da Sociedade Americana de Fisiologia do Exercício (ASEP) (Brown and Weir 2001). Para o torque extensor na articulação do joelho, a partir da posição sentada e com o joelho semi-flexionado em torno de 60 graus a partir da extensão completa, o participante tinha que realizar contração isométrica de extensão contra um aparador que propiciará uma resistência. E para a flexão, a articulação foi posicionada em torno de 30 graus a partir da extensão completa, realizando contração isométrica de flexão contra o mesmo aparador. Para o torque de tornozelo, este foi posicionado em torno de 90 graus entre os segmentos perna e pé, e o indivíduo realizou ora dorsiflexão, ora flexão plantar isométrica. Os participantes passaram inicialmente por uma sessão de familiarização antes da realização do teste em si. Foram registradas três contrações voluntárias máximas, com duração de 4 segundos cada, e com um intervalo de descanso de aproximadamente 1 minuto entre elas. O aparador foi instrumentado com célula de carga (Marca LIDER, Modelo CS 200 kg), que permitiu quantificar a força exercida. A força máxima exercida foi registrada por meio de um mostrador digital (Indicador de Pesagem Modelo LD1050, da marca Líder). Após a coleta, foi calculado o torque articular proveniente do esforço realizado

pelo participante. A cadeira utilizada para a avaliação de produção de torque articular está ilustrado na Figura 5.



Figura 5: Sistema com mostrador e cadeira implementada com célula de carga para avaliação de torque articular

Variável dependente: Quantidade de torque articular, extensor e flexor, ao redor das articulações do joelho e tornozelo.

Latência da resposta muscular

Objetivo: Determinar a latência da resposta muscular dos músculos tibial anterior e gastrocnêmio medial após perturbação da superfície de apoio

Descrição: O participante foi posicionado na posição bipodal sobre uma plataforma (60 cm x 60 cm) de base móvel, que possibilitou a movimentação no sentido ântero-posterior. Este movimento foi produzido por um mecanismo servo motor, constituído de um controlador (Compumotor – APEX6151), um motor de passo (Compumotor – Modelo N0992GR), um cilindro elétrico (Compumotor – Modelo EC3-X3) e software específico para controlar o sistema (Compumotor – Motion Architect for Windows). O movimento foi realizado para frente com 3,6 cm de deslocamento, pico de velocidade de 2,54 16,5 cm/s (Freitas Junior 2003; Freitas Jr, Knight & Barela, 2010; Toledo & Barela, 2010). Eletrodos bipolares de superfície serão posicionados nos ventres dos músculos tibial anterior de uma das pernas do participante, conforme as normas sugeridas pelo projeto SENIAM (surface EMG for a non-invasive assessment of muscles) (Freriks & Hermes 1999). Os sinais eletromiográficos foram amplificados (EMG System do Brasil), armazenados e, posteriormente, analisados utilizando rotinas desenvolvidas em ambiente Matlab. O início da movimentação da base da plataforma será obtido utilizando o sistema de análise de movimento OPTOTRAK. Assim, foi possível quantificar o intervalo de tempo decorrido entre o movimento da plataforma e o momento de início da ativação da musculatura necessária para ocorrer a estabilização da posição bípede. A Figura 6 ilustra um sujeito realizando o teste para avaliação da latência muscular com a movimentação da plataforma móvel a partir do servo-motor.



Figura 6: Participante na situação experimental para a realização do teste para avaliação da latência muscular

Variável dependente: Tempo decorrido desde o início da perturbação até o início da ativação muscular (latência). Quanto menor a latência para a ativação do respectivo músculo, melhor a resolução de desequilíbrio e, ainda, da diminuição da velocidade de transmissão do impulso nervoso (Rivner, Swift et al. 2001).

4.2.1.4 - Controle postural

Manutenção da postura ereta

Objetivo: Examinar a performance do sistema de controle postural

Descrição: Manter a postura em pé, em apoio *semi tandem stance*, em apoio bipodal normal (com e sem superfície de espuma) durante 30 segundos com olhos abertos (Prioli, Freitas Junior et al. 2005). Todas as três

condições de apoios foram realizadas com e sem visão. Nas costas do participante, foi afixada uma marca do sistema de análise de movimentos OPTOTRAK, possibilitando obter a oscilação corporal nas direções ântero-posterior e médio-lateral.

Variável dependente: Amplitude média de oscilação, sendo calculada como o desvio padrão dos dados do deslocamento corporal, dentro de uma tentativa, após remoção da média e tendência linear. Assim, a amplitude média de oscilação corresponde à dispersão dos dados, sendo que valores menores indicam menor oscilação corporal e vice-versa. Portanto, valores menores indicariam uma melhor performance do funcionamento do sistema de controle postural. A Figura 7 ilustra um indivíduo posicionado no interior da sala móvel, para a realização dos testes de controle postural.

Resolução de conflito sensorial

Objetivo: Determinar a influência da manipulação da informação visual decorrente do movimento discreto (velocidade de 1,3 cm/s e amplitude de movimento de 2,6 cm) de uma sala móvel e determinar o deslocamento corporal decorrente desta manipulação.

Descrição: Cada participante permaneceu dentro de uma sala móvel o mais estático possível, com os braços posicionados ao lado do corpo, olhando para um alvo fixado na parede do fundo da sala. A sala móvel possui rodas em sua parte inferior que são posicionadas sobre trilhos, possibilitando movimentos para frente e para trás, independentemente da superfície onde o participante está posicionado. As dimensões da sala são: 2,1 x 2,1 x 2,1 m (altura, largura e comprimento) cujas paredes internas são pintadas com listras

verticais pretas e brancas, intercaladas, com o objetivo de aumentar o contraste visual. A Figura 7 ilustra um indivíduo posicionado no interior da sala móvel, para a realização dos testes de controle postural. O movimento da sala foi produzido e controlado por um servo-mecanismo, constituído de um controlador (Compumotor – APEX6151), um motor de passo (Compumotor – Modelo N0992GR), um cilindro elétrico (Compumotor – Modelo EC3-X3) e software específico para controlar o sistema (Compumotor – Motion Architect for Windows). O deslocamento da sala e o deslocamento corporal do participante foram obtidos a partir do sistema OPTOTRAK.

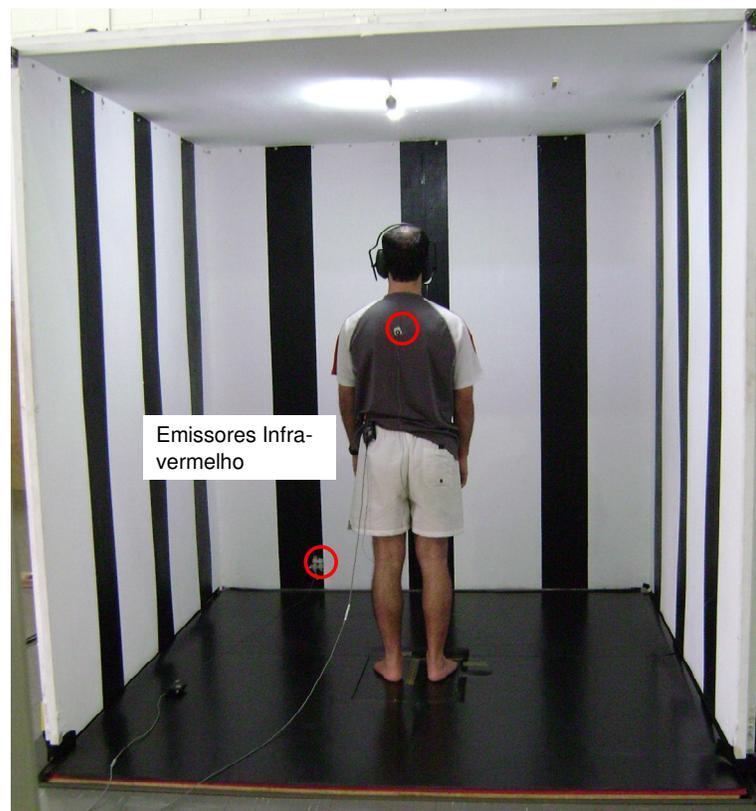


Figura 7: Participante posicionado no interior da sala móvel para a realização dos testes de controle postural

Acoplamento entre informação visual e oscilação corporal:
informação visual periódica, periódica complexa e não-periódica

Objetivo: Examinar a força e o padrão temporal do acoplamento entre informação visual, com sinais periódicos e não-periódicos, e oscilação corporal.

Descrição: O participante mantinha a posição bípede dentro de uma sala móvel que foi movimentada na direção ântero-posterior, continuamente durante 60 segundos, em três condições de estímulo visual: periódica, periódica complexa e não-periódica (Musolino, Loughlin *et al.*, 2006). Na condição periódica, o estímulo visual foi fornecido na amplitude de 0,5 cm, velocidade 0,6 cm/s e freqüência de 0,2Hz, durante 60 segundos. Já o estímulo periódico complexo, era composto por freqüências de 0,1, 0,3 e 0,5 Hz, repetidas ao longo dos 60 segundos (aproximadamente 12 ciclos). Na condição sem periodicidade, o estímulo foi composto pela contra-parte não periódica do sinal anterior ($0,1 + \pi/10 + 0,5$ Hz), sendo, entretanto, mantidas freqüências próximas às do sinal periódico. O movimento da sala móvel foi controlado utilizando um servo-mecanismo. A posição da sala e oscilação corporal foram obtidas utilizando o sistema OPTOTRAK. As análises foram realizadas utilizando rotinas escritas em linguagem Matlab.

Variável dependente: Além de variáveis indicando a magnitude (amplitude média de oscilação) e características no domínio de freqüência, outras variáveis foram utilizadas para verificar o acoplamento entre informação visual e oscilação corporal, sendo as estas, o ganho, coerência, fase, e amplitude de oscilação na freqüência do estímulo (SFSA - Stimulus Frequency

Sway Amplitude) nas componentes do sinal (0,2Hz na condição periódica e 0,1, 0,3 e 0,5 nas condições periódica complexa e não periódica). O **ganho** é a razão entre a amplitude do espectro da oscilação corporal e a amplitude do espectro do movimento da sala, sendo que valores menores ou maiores do que 1 indicam que a resposta da oscilação corporal foi maior ou menor que a amplitude do estímulo, respectivamente. A **coerência** fornece o grau de dependência entre os 2 sinais, no domínio de frequência. Pode variar entre 0 (sinais totalmente não relacionados) e 1 (sinais totalmente relacionados). A **fase** avalia a relação temporal entre o movimento da sala e o deslocamento corporal dos participantes (valores positivos ou negativos indicam que o deslocamento corporal está adiantado ou atrasado em relação ao movimento da sala, respectivamente). É fornecida em graus, sendo que valores próximos de 0 indicam relacionamento em fase e sem atraso temporal entre o movimento da sala e a oscilação corporal. A **SFSA** é o ponto sobre a amplitude do espectro correspondente a frequência do estímulo. Ela representa a força do componente de oscilação naquela determinada frequência (quanto mais alto o valor da SFSA, maior será a quantidade de oscilação desencadeada pela movimentação da sala naquela frequência).

4.3 - Tratamento dos dados

O tratamento dos dados e o computo das variáveis foram realizados utilizando rotinas escritas em MATLAB (Math Works, versão 7.0). Os dados da oscilação corporal serão filtrados por meio de um filtro digital Butterworth passa baixa, de 2ª ordem e com frequência de corte de 5 Hz. Os

dados da posição da sala foram filtrados por meio de um filtro digital Butterworth passa baixa, de 2ª ordem e com frequência de corte de 10 Hz. Já os dados de plataforma móvel foram filtrados por meio de um filtro digital Butterworth passa baixa, de 4ª ordem e com frequência de corte de 30 Hz. Já os dados eletromiográficos foram filtrados por meio de um filtro digital Butterworth passa banda, de 4ª ordem e com frequência de corte de 20 e 40Hz.

4.4 - Avaliação Funcional

Os participantes foram submetidos à bateria de testes motores da American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance (AAHPERD), (Osness, Adrian et al. 1990), para a avaliação da capacidade funcional pré e pós-treinamento. Esta bateria foi desenvolvida para aferir a capacidade funcional especificamente em idosos e inclui a avaliação de flexibilidade, força, agilidade e equilíbrio, coordenação motora manual e resistência aeróbia geral/habilidade de andar. A bateria de testes da AAHPERD está detalhadamente descrita no presente estudo como Anexo 2.

4.5 - Protocolo de treinamento

Cada participante participou de 50 sessões de treinamento, realizadas com uma frequência de 3 sessões semanais durante 17 semanas. Cada sessão com duração de aproximadamente uma hora, foi realizada nas instalações do Departamento de Educação Física, I.B. UNESP-Rio Claro como parte do Programa de Atividade Física para a Terceira Idade (PROFIT). As sessões foram divididas em 4 diferentes enfoques (lúdico, ginástica geral, atividades alternativas e jogos pré-desportivos), sendo estes enfoques

aplicados em sessões alternadas, buscando contemplar os componentes de capacidade funcional exigidos na execução das AVDs.

4.6 – Análise estatística

Primeiramente, foi realizada uma análise estatística, utilizando o Teste 't' para verificar as diferenças entre o nível de atividade física entre os participantes, obtido a partir do Questionário de Baecke e do Questionário de Baecke Modificado para Idosos.

Para analisar as demais diferenças entre pré e pós-teste foram realizadas as seguintes análises:

-Cinco ANOVAs tendo como fator teste tratado como medida repetida, e variáveis dependentes, os valores dos testes de cada componente de capacidade funcional.

- Nas avaliações sensoriais, visual e somatosensorial, 3 testes não paramétricos Wilcoxon foram aplicados, tendo como variáveis dependentes a acuidade e contraste visual no caso dos testes visuais, e a gramagem do estesiômetro no teste de sensibilidade cutânea.

- Para o teste de sensibilidade ao movimento passivo foi realizada uma MANOVA tendo como fatores teste e direção, ambos com medidas repetidas e tendo como variáveis dependentes o deslocamento articular de joelho e tornozelo na extensão e dorsiflexão e flexão e flexão plantar.

- Para os testes de capacidade de produção de torque articular foi aplicada uma MANOVA, tendo como fatores teste e direção, ambos com

medidas repetidas. As variáveis dependentes foram os valores de torque articular do joelho e tornozelo na extensão/dorsiflexão e flexão e flexão plantar.

- Para o teste de latência muscular foi aplicada uma ANOVA para medidas repetidas, tendo como fator teste e variável dependente o tempo para o início da ativação do músculo tibial anterior, após o início da movimentação da superfície de suporte.

- No teste de manutenção da postura ereta em apoio semi-tandem, foi utilizada uma MANOVA para medidas repetidas, tendo como fatores teste e visão, e como variáveis dependentes, a amplitude média de oscilação (AMO) nos sentidos AP e ML.

- Para analisar os dados do teste de manutenção da postura ereta, agora na condição de apoio bipodal foi aplicada uma MANOVA para medidas repetidas, tendo como fatores teste, visão e espuma. As variáveis dependentes foram a amplitude média de oscilação (AMO) nos sentidos médio-lateral e ântero-posterior.

- Nos testes de resolução de acoplamento entre informação visual e oscilação corporal foram realizadas as seguintes análises:

- No teste com movimento discreto da sala foi utilizada uma MANOVA para medidas repetidas, tendo como fator teste e variáveis dependentes amplitude média de oscilação antes e amplitude média de oscilação depois do movimento da sala. Para este teste também foi realizada uma outra MANOVA para medidas repetidas tendo como fator teste e como variáveis dependentes deslocamento e tempo de reversão.

- No teste de movimento periódico da sala foi realizada uma MANOVA para medidas repetidas como fator teste e como variáveis dependentes a

amplitude média de oscilação e a SFSA. Também foi realizada uma MANOVA para medidas repetidas tendo como fator teste e variáveis dependentes coerência, ganho e fase.

- Para a condição periódica complexa de movimento da sala foi utilizada uma MANOVA para medidas repetidas, tendo teste como fator e SFSA 1, SFSA 3 e SFSA 5 como variáveis dependentes. Também foi utilizada uma MANOVA para medidas repetidas tendo como fator teste e variáveis dependentes coerência 1, coerência 3, coerência 5, ganho 1, ganho 3, ganho 5, fase 1, fase 3 e fase 5. Ainda para esta condição foi realizada uma ANOVA para medidas repetidas tendo como fator teste e variável dependente a amplitude média de oscilação.

- Na condição de movimento não periódico da sala foi utilizada uma MANOVA para medidas repetidas com o fator teste e as variáveis dependentes SFSA 1, SFSA 3 e SFSA 5. Foi utilizada uma ANOVA para medidas repetidas tendo teste como fator e amplitude média de oscilação como variável dependente. Foi também utilizada uma MANOVA para medidas repetidas tendo como fator teste e variáveis dependentes ganho 1, ganho 3, ganho 5, coerência 1, coerência 3, coerência 5, fase 1, fase 3 e fase 5.

Todas as análises foram realizadas utilizando o pacote estatístico SPSS (versão 10.0), sendo que os pressupostos para cada análise foram observados e o nível de significância será mantido em 0,05.

5 – RESULTADOS

Considerando os vários aspectos avaliados, no presente estudo, o capítulo dos resultados será apresentado de acordo com os testes realizados.

Anteriormente à exposição dos resultados, deve-se destacar que a pontuação média atingida pelos participantes no questionário Baeke modificado para idosos permaneceu abaixo dos 3 pontos, que seria a pontuação mínima atingida por idosos fisicamente ativos.

5.1 – Avaliação da capacidade funcional

A Tabela 2 apresenta as médias e desvios padrão para os testes de componentes de capacidade funcional da AAHPERD nos momentos pré e pós intervenção com os respectivos valores de probabilidade estatística (p).

Tabela 2: Médias e desvios-padrão para a bateria de testes de capacidade funcional da AAHPERD antes (pré) e depois (pós) a participação no programa de intervenção proposto

	PRE	POS	p
Flexibilidade (cm)	57,96 (\pm 10,62)	58,65 (\pm 10,38)	0,392
Coordenação (seg)	9,76 (\pm 22,16)	9,25 (\pm 1,19)	0,250
Agilidade (seg)	19,83 (\pm 7,56)	18,67 (\pm 1,43)	0,031*
Força (rep)	32,23 (\pm 4,47)	34,84 (\pm 5,81)	0,009*
Andar (seg)	511,92 (\pm 61)	488,92 (\pm 54,18)	0,015*

.Nota: * indicam diferença estatística, $p < 0,05$.

Para testar possíveis diferenças entre os testes pré e pós foram realizadas cinco ANOVAs tendo como fator teste, e variáveis dependentes, os valores dos testes de cada componente de capacidade funcional como pode ser observado na Tabela 2, ANOVAS apontaram diferenças em três dos cinco testes realizados. No teste de agilidade e equilíbrio dinâmico houve redução no tempo de execução da tarefa, o que significa melhora destes componentes. O mesmo ocorreu com o teste de resistência de força de membros superiores, sendo observado aumento significativo no número de repetições, o que pode ser creditado à melhora nos níveis de força decorrente da intervenção. O teste de habilidade de andar e resistência aeróbia também foi influenciado positivamente pela intervenção, sendo observada redução significativa no tempo de realização do teste. Diferentemente destes três componentes, a flexibilidade e a coordenação motora manual não apresentaram diferenças nos momentos pré e pós treinamento, com os participantes apresentando níveis similares antes e após o programa de treinamento.

5.1 – Avaliações sensoriais

5.1.1 – Sistema visual

Para verificar possíveis diferenças entre o pré e o pós-teste nas avaliações sensoriais, visual e somatosensorial, três testes de Wilcoxon foram aplicados. Nestes testes, as variáveis dependentes foram a acuidade e o contraste visual, no caso dos testes visuais, e a gramagem do estesiômetro no teste de sensibilidade cutânea.

Os valores médios de acuidade visual e sensibilidade ao contraste nos momentos pré e pós treinamento, obtidos nas avaliações do desempenho do sistema visual são apresentados na Figura 8.

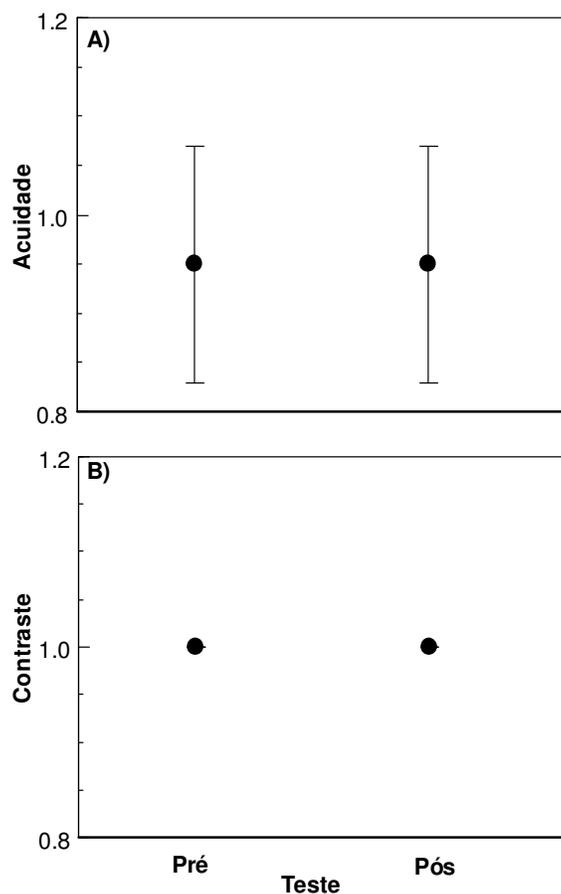


Figura 8: valores médios e desvios padrão da acuidade visual (A) e da sensibilidade ao contraste visual (B) dos dois grupos etários obtidos nas avaliações do sistema visual.

5.1.1.1 – Acuidade visual

O Teste de Wilcoxon não apontou diferença para a acuidade visual entre os momentos pré e pós treinamento, $z = 0$, $p > 0,05$. Assim, a participação no programa de treinamento não provocou qualquer alteração na acuidade visual.

5.1.1.2 – Sensibilidade ao contraste visual

O teste de Wilcoxon não apontou diferença para o contraste visual entre os momentos pré e pós treinamento, $z = 0$, $p > 0,05$. Portanto, da mesma forma que para a acuidade visual, o programa de treinamento não provocou qualquer alteração no contraste visual.

5.1.2 – Sistema somatossensorial

5.1.2.1 – Sensibilidade cutânea

O teste de Wilcoxon não revelou diferença para a sensibilidade cutânea entre os momentos pré e pós avaliação, $z = -1$, $p > 0,05$. Os valores médios e desvios padrão para o teste de sensibilidade cutânea são apresentados na Figura 9.

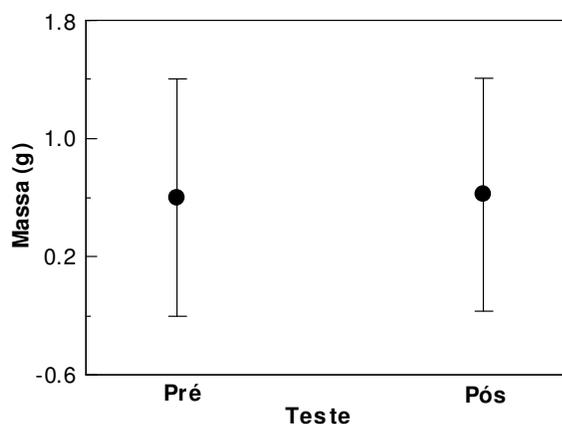


Figura 9: Valores médios e desvios padrão da massa do filamento sentido pelos participantes nos momentos pré e pós treinamento.

5.1.2.2 – Sensibilidade ao movimento passivo.

A Figura 10 apresenta os valores médios e desvios padrão de deslocamento angular dos participantes em ambas as articulações (joelho e tornozelo) e direções (flexão e extensão) nos momentos pré e pós treinamento.

Para o teste de sensibilidade ao movimento passivo foi realizada uma MANOVA tendo como fatores teste e direção, ambos com medidas repetidas, e tendo como variáveis dependentes o deslocamento articular do joelho e do tornozelo na extensão e dorsiflexão e flexão e flexão plantar. A MANOVA não indicou qualquer diferença entre os testes pré e pós para ambas as direções. Portanto, o programa de treinamento não provocou qualquer alteração na sensibilidade ao movimento passivo.

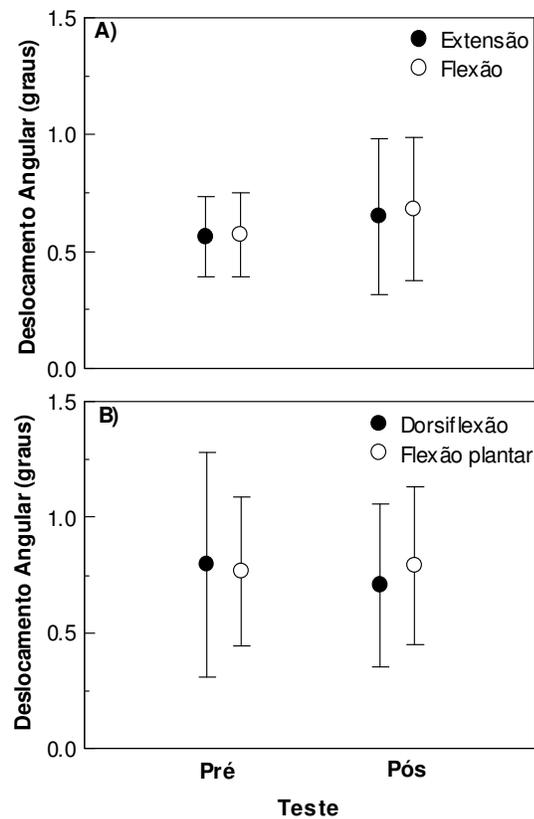


Figura 10: Valores médios e desvios padrão do deslocamento angular das articulações de joelho (A) e tornozelo (B), em ambas as direções obtidos na avaliação de sensibilidade ao movimento passivo.

5.2 – Avaliações motoras

5.2.1 – Produção de torque articular

A Figura 11 apresenta os valores médios e desvios padrão obtidos no teste de capacidade de produção de torque articular das articulações do joelho e tornozelo nos movimentos de extensão e flexão e dorsiflexão e flexão plantar, respectivamente.

Para verificar possíveis alterações nas medidas obtidas nos testes de capacidade de produção de torque articular foi realizada uma MANOVA, tendo como fatores teste e direção, ambos com medidas repetidas. As variáveis dependentes foram os valores de torque articular do joelho e tornozelo na extensão/flexão e flexão e flexão plantar, respectivamente.

A MANOVA revelou diferença significativa para teste, Wilks' Lambda=0,291, $F(1,11)=13,420$, $p<0,005$ testes univariados indicaram diferença apenas para a articulação do joelho, $F(1,12)=28,57$, $p<0,01$. Neste caso, o torque produzido no pós-teste na articulação do joelho, foi maior do que no pré-teste. Para o fator direção, a MANOVA revelou diferença significativa, Wilks' Lambda=0,106, $F(2,11)=46,579$, $p<0,001$, tanto para a articulação do tornozelo, $F(1,12)=56,16$, $p<0,001$, quanto para a articulação do joelho, $F(1,12)=79,46$, $p<0,001$. A produção de torque foi maior na extensão e flexão do que na flexão e flexão plantar, respectivamente.

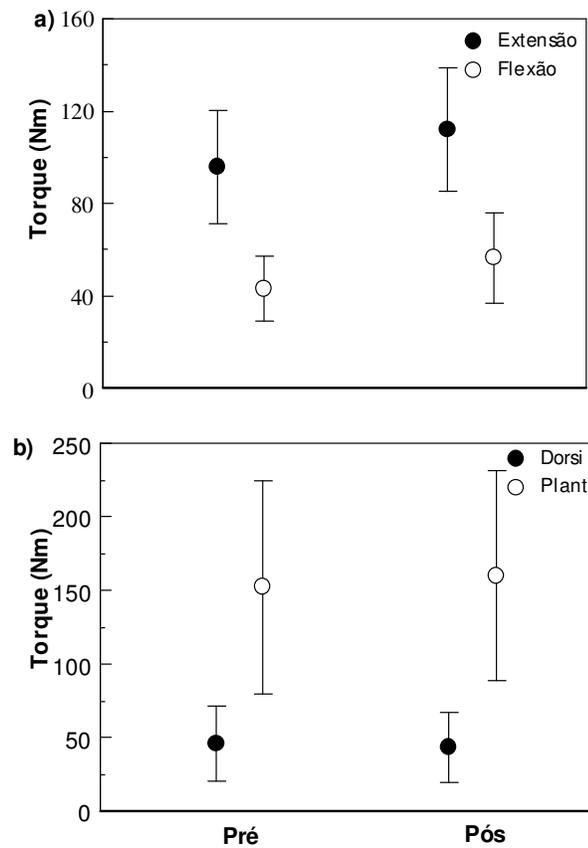


Figura 11: Valores médios e desvios padrão obtidos nas avaliações da capacidade de produção de torque articular de joelho (A) e tornozelo (B) em ambas as direções (flexão e extensão) e nos momentos pré e pós treinamento.

5.2.2 – Latência da resposta muscular

A Figura 12 mostra um exemplo de série temporal de movimentação da plataforma e de ativação do músculo tibial anterior de um participante, desencadeada pelo movimento da plataforma, antes e após o programa de treinamento.

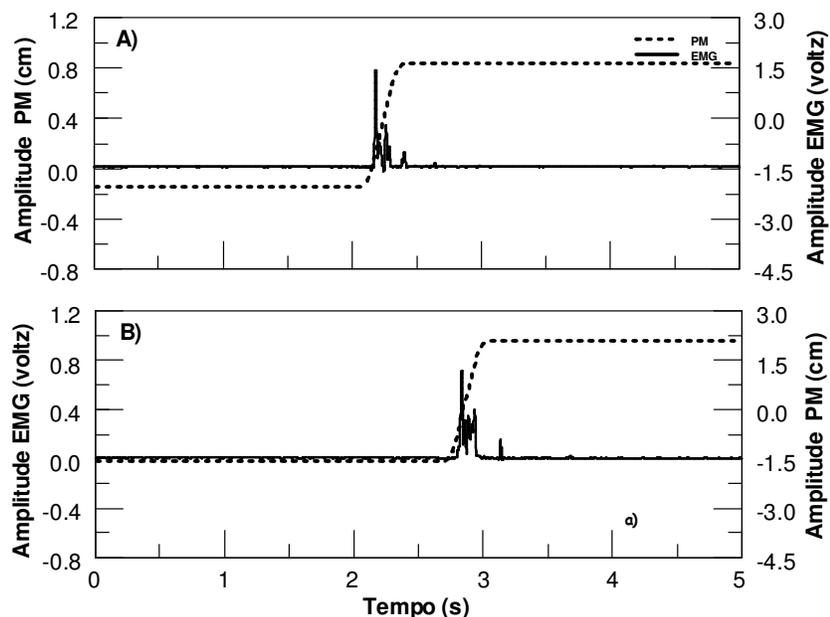


Figura 12. Séries temporais da movimentação da plataforma móvel PM) e da atividade eletromiográfica (EMG) do músculo tibial anterior de um participante antes (A) e após (B) o treinamento na avaliação de latência da resposta muscular.

Os valores médios obtidos na avaliação da latência de ativação do músculo tibial anterior dos participantes, nos momentos pré e pós treinamento, são representados na Figura 13. Para verificar possíveis alterações entre os testes, foi aplicada uma ANOVA para medidas repetidas, tendo como fator teste e variável dependente o tempo para o início da ativação do músculo tibial anterior após o início da movimentação da superfície de suporte. A ANOVA revelou diferença significativa entre o pré e pós-teste, $F(1,12)=22,39$, $p<0,001$, indicando que a latência foi menor no pós do que no pré-teste.

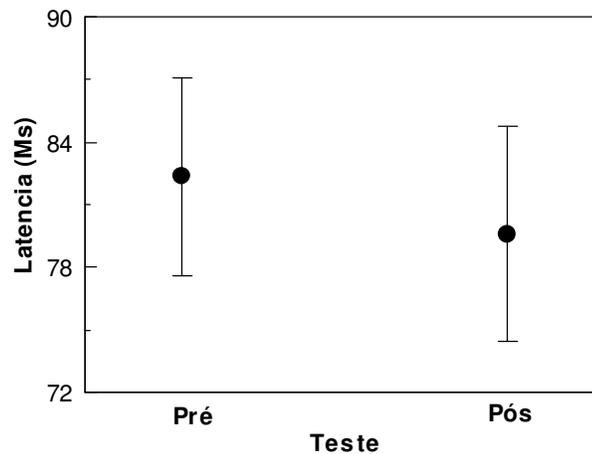


Figura 13. Valores médios e desvios padrão da latência de ativação do músculo tibial anterior após a movimentação da superfície de suporte nos momentos pré e pós treinamento.

5.3 – Avaliações de controle postural

5.3.1 – Manutenção da postura ereta

Esta avaliação permitiu observar a oscilação corporal dos participantes tanto no sentido ântero-posterior quanto no sentido médio-lateral, nos momentos nos momentos pré e pós treinamento e em nas condições com e sem visão, nas condições bipodal e semi-tandem stance.

Para verificar possíveis diferenças entre os momentos pré e pós treinamento, na condição de apoio semi-tandem foi utilizada uma MANOVA para medidas repetidas, tendo como fatores teste e visão e como variáveis dependentes, a amplitude média de oscilação (AMO) nos sentidos AP e ML.

Os resultados das avaliações em apoio semi-tandem nas condições com e sem visão referentes a amplitude média de oscilação em ambos os sentidos (AP e ML) são apresentados na Figura 14 . A MANOVA revelou diferença apenas para visão, Wilks' Lambda=0,361, $F(2,11)=9,726$, $p<0,005$, tanto no sentido médio-lateral , $F(1,12)=13,98$, $p<0,005$, quanto no sentido ântero-

posterior, $F(1,12)=14,64$, $p<0,005$. Em ambos os sentidos (MI e AP) a amplitude média de oscilação foi maior na condição sem visão.

A MANOVA revelou ainda, diferença na amplitude média de oscilação corporal para interação teste e visão, Wilks' Lambda=0,415, $F(2,11)=7,754$, $p<0,05$, com testes univariados revelando diferença apenas para a direção médio-lateral, $F(1,12)=16,50$, $p<0,005$. Testes post hoc indicaram que enquanto no pré-teste não ocorreu diferença na amplitude média de oscilação com e sem visão, no pós-teste a amplitude média de oscilação aumentou na ausência da visão.

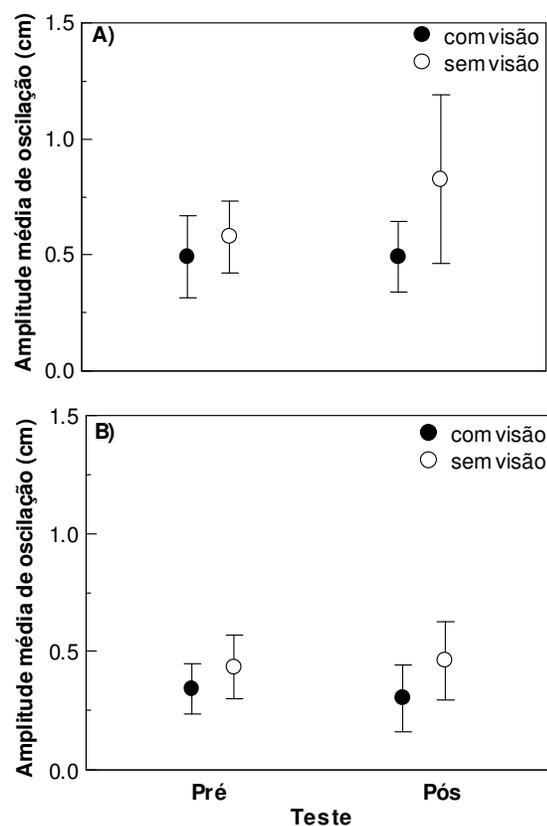


Figura 14: valores médios e desvios padrão da amplitude média de oscilação corporal nas direções médio lateral (A) e antero posterior (B) nos momentos pré e pós treinamento sob apoio semi-tandem e nas condições com e sem visão.

Para analisar os valores pré e pós treinamento, na condição de apoio bipodal, foi também aplicada uma MANOVA para medidas repetidas, tendo como fatores teste, visão e espuma. As variáveis dependentes foram a amplitude média de oscilação (AMO), nos sentidos médio-lateral e ântero-posterior.

A Figura 15 apresenta os valores da amplitude média de oscilação corporal nos sentidos médio-lateral (A) e ântero-posterior (B) da avaliação em apoio bipodal tendo o solo como superfície de apoio em diferentes condições de visão (com e sem) e nos momentos pré e pós treinamento. A Figura 16 apresenta os valores de amplitude média de oscilação, tendo a espuma como superfície de apoio.

A MANOVA revelou diferença na amplitude média de oscilação para o fator visão, Wilks' Lambda=0,29, $F(2,11)=13,12$, $p<0,005$, tanto no sentido médio-lateral, $F(1,12)=16,45$, $p<0,005$, quanto no ântero-posterior, $F(1,12)=28,45$, $p<0,001$, para o fator espuma, Wilks' Lambda=0,143, $F(2,11)=32,91$, $p<0,005$, nos sentidos médio-lateral, $F(1,12)=55,28$, $p<0,001$, e ântero-posterior, $F(1,12)=63,06$, $p<0,001$, e também interação visão e espuma, Wilks' Lambda=0,265, $F(2,11)=15,25$, $p<0,001$, tanto no sentido médio-lateral, $F(1,12)=26,76$, $p<0,001$ quanto antero-posterior, $F(1,12)=29,29$, $p<0,001$.

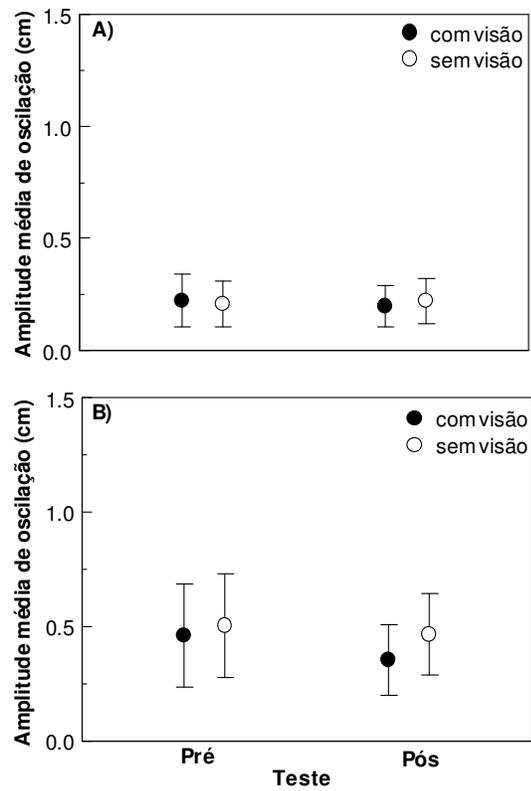


Figura 15: Valores médios e desvios padrão da amplitude média de oscilação corporal nas direções médio-lateral (A) antero-posterior (B) nos momentos pré e pós treinamento em apoio bipodal com e nas condições com e sem visão.

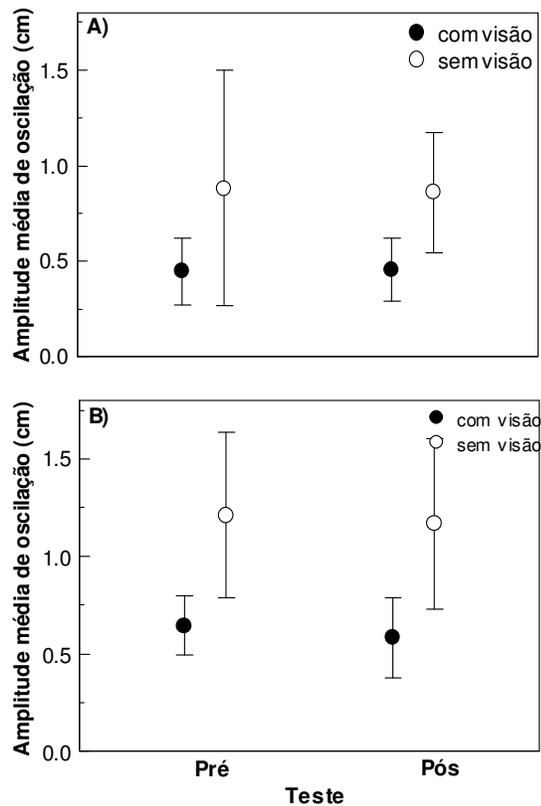


Figura 16: valores médios e desvios padrão da amplitude média de oscilação corporal nas direções médio-lateral (A) e antero-posterior (B) nos momentos pré e pós treinamento em apoio bipodal, com superfície de apoio de espuma e nas condições com e sem visão.

Com base nos valores apresentados nas Figuras 15 e 16, observa-se que a AMO tanto para a direção antero-posterior quanto para a direção médio-lateral, foi maior na condição com espuma do que em solo normal. Ainda é possível identificar que ausência de visão não alterou a magnitude da AMO quando a superfície de apoio foi o solo fixo, porém na superfície de espuma, ocorreu aumento significativo da AMO na ausência de visão.

5.3.2 – Resolução de conflito sensorial.

A manipulação da informação visual, de forma discreta, induz oscilação corporal dos participantes. A Figura 17 ilustra exemplos de séries temporais da oscilação corporal e da movimentação da sala móvel de um participante nos momentos pré e pós treinamento na direção ântero-posterior.

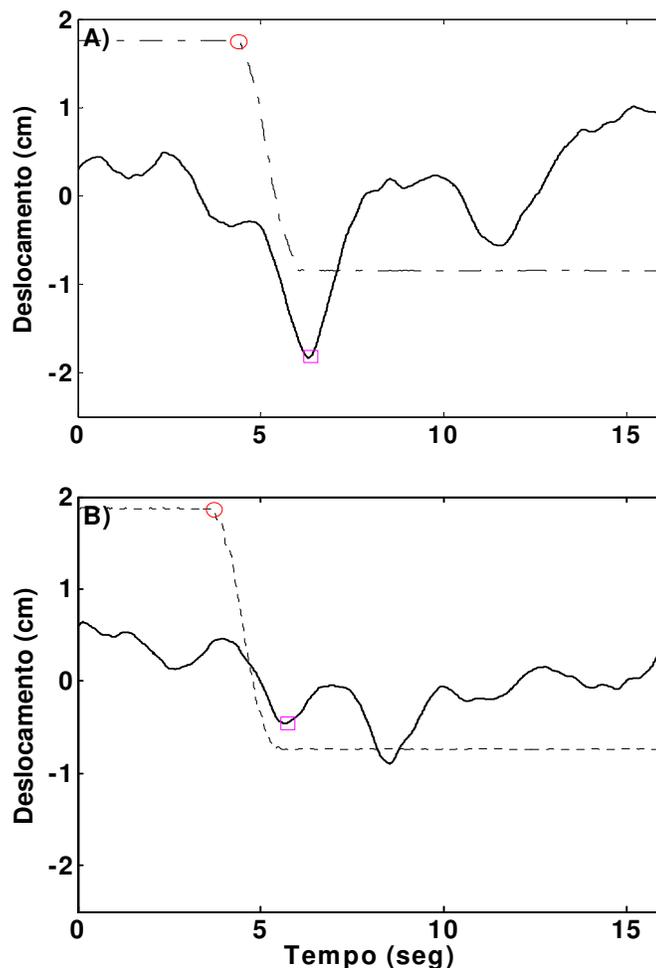


Figura 17. Séries temporais da oscilação corporal de um participante, e movimento discreto da sala móvel, nos momentos pré (A) e pós-treinamento (B), na direção ântero-posterior.

As médias do deslocamento corporal decorrente do estímulo visual, movimento da sala e o tempo médio para reverter o deslocamento são

apresentados na Figura 18. A MANOVA não apontou qualquer diferença significativa para deslocamento e tempo para reverter o mesmo. Wilks' Lambda=0,956, $F(2,11)=0,253$, $p>0,05$.

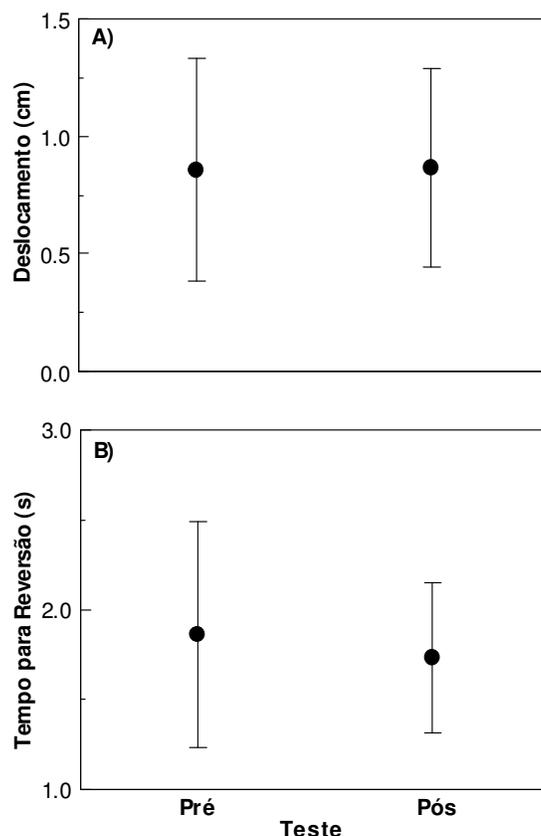


Figura 18. Valores médios e desvios padrão do deslocamento corporal (A) e tempo para reverter este deslocamento (B) nos momentos pré e pós treinamento.

Também foram analisados os valores de amplitude média de oscilação na direção ântero-posterior, antes e após a movimentação da sala, nos momentos pré e pós-treinamento. Os valores médios e desvios padrão destas variáveis são apresentados na Figura 19. A MANOVA também não revelou qualquer diferença nos momentos pré e pós treinamento, Wilks' Lambda=0,683, $F(2,11)=2,552$, $p>0,05$.

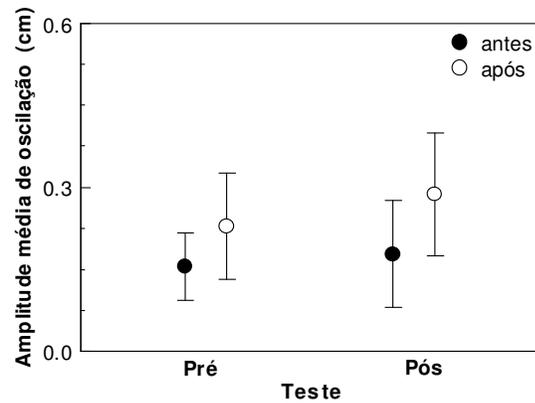


Figura 19. Valores médios e desvios padrão da amplitude média de oscilação corporal na direção ântero-posterior, antes e após o movimento discreto da sala e nos momentos pré e pós treinamento.

5.3.3 – Acoplamento entre informação visual e oscilação corporal.

a) Informação visual periódica

A Figura 20 ilustra exemplos de séries temporais da oscilação corporal de um participante e da movimentação periódica da sala móvel em uma tentativa. É possível observar a influência do movimento da sala sobre a oscilação corporal do participante, com o participante apresentando oscilação corporal coerente com o movimento da sala móvel.

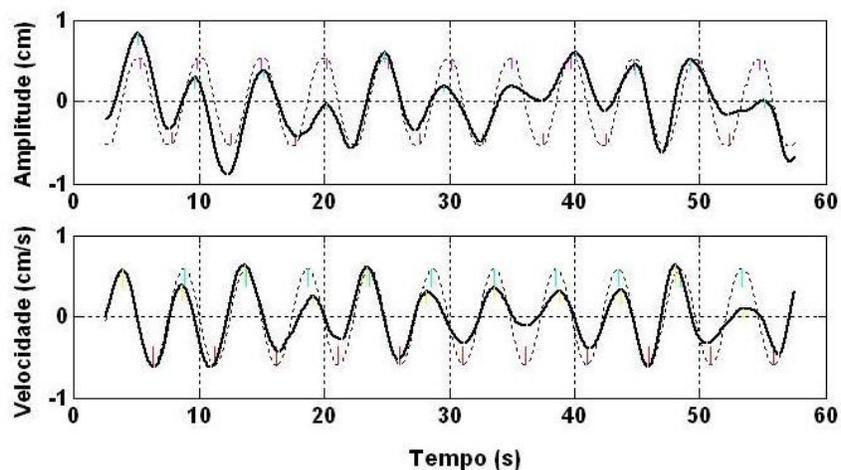


Figura 20. Séries temporais da oscilação corporal de um participante diante do movimento periódico da sala móvel.

Comportamento dos participantes frente à movimentação da sala

Para verificar a magnitude da oscilação corporal em geral e na frequência de oscilação da sala, as variáveis amplitude média de oscilação e SFSA foram computadas. Os resultados para amplitude média de oscilação e SFSA são ilustrados na Figura 21.

A MANOVA utilizada não apontou diferença significativa entre o pré e o pós-teste, Wilks' Lambda=0,908, $F(2,11)=0,555$, $p>0,05$.

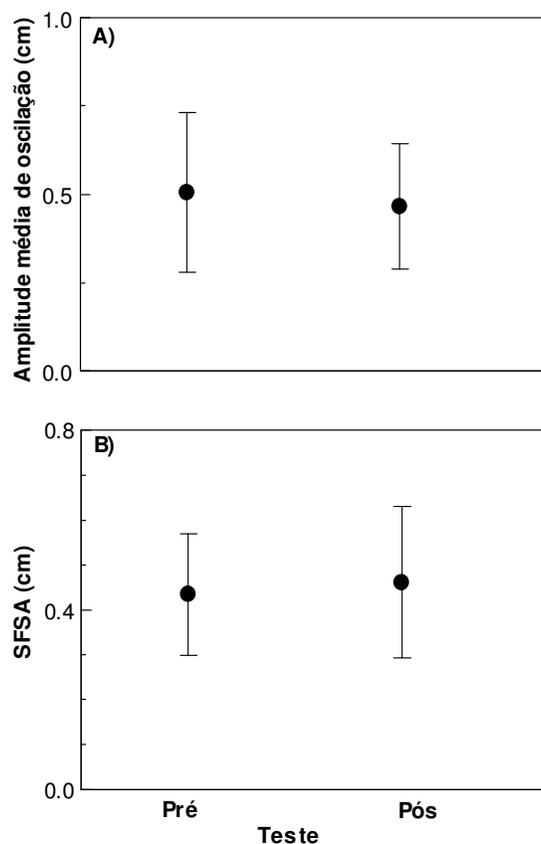


Figura 21. Valores médios e desvios padrão da amplitude média de oscilação corporal (A) e da amplitude de oscilação na freqüência do estímulo (SFSA) (B) dos participantes nos momentos pré e pós-teste na condição de manipulação periódica da informação visual.

Relacionamento entre o movimento da sala e a oscilação corporal

O relacionamento espacial entre a oscilação corporal e o movimento da sala foi verificado com a análise das variáveis coerência e ganho e o relacionamento espacial foi verificado através da variável fase. A Figura 22 apresenta os valores médios e desvios padrão de coerência, ganho e fase nos momentos pré e pós-treinamento.

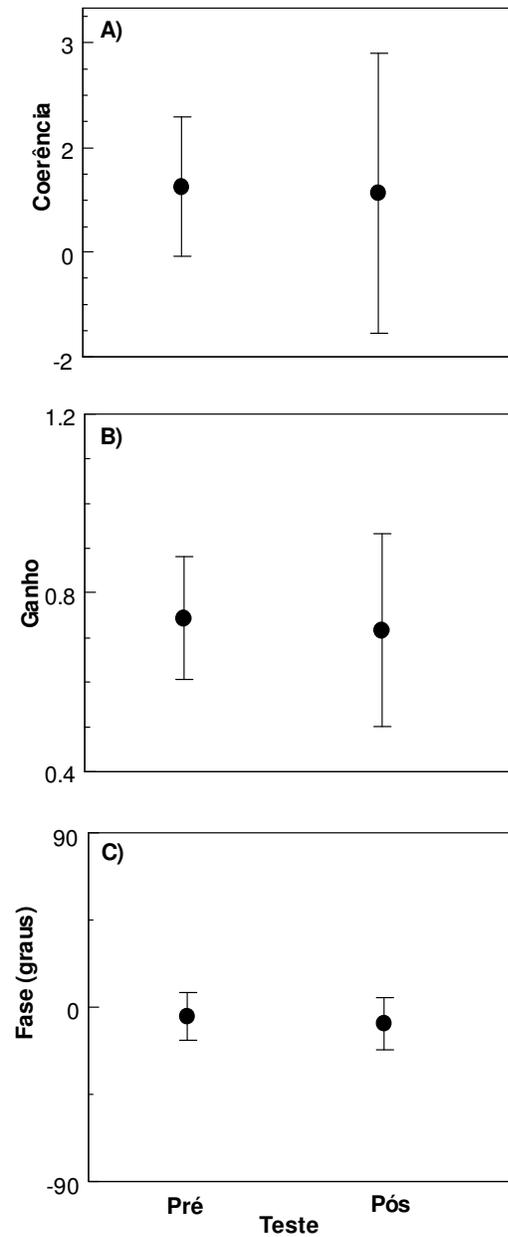


Figura 22. Valores médios e desvios padrão da coerência (A), ganho (B) e fase (C) nos momentos pré e pós treinamento na condição periódica da movimentação da sala.

A MANOVA apontou diferença apenas para a variável fase, Wilks' Lambda =0,205, $F(1,12)=10,897$, $p<0,05$, sendo que os valores da fase da fase diminuíram após o período de treinamento, aproximando de um relacionamento em fase.

Informação visual periódica complexa e não periódica

A Figura 23 apresenta exemplos de séries temporais da oscilação corporal e da movimentação periódica complexa e não periódica de um participante e do movimento da sala móvel e das respectivas análises de frequências.

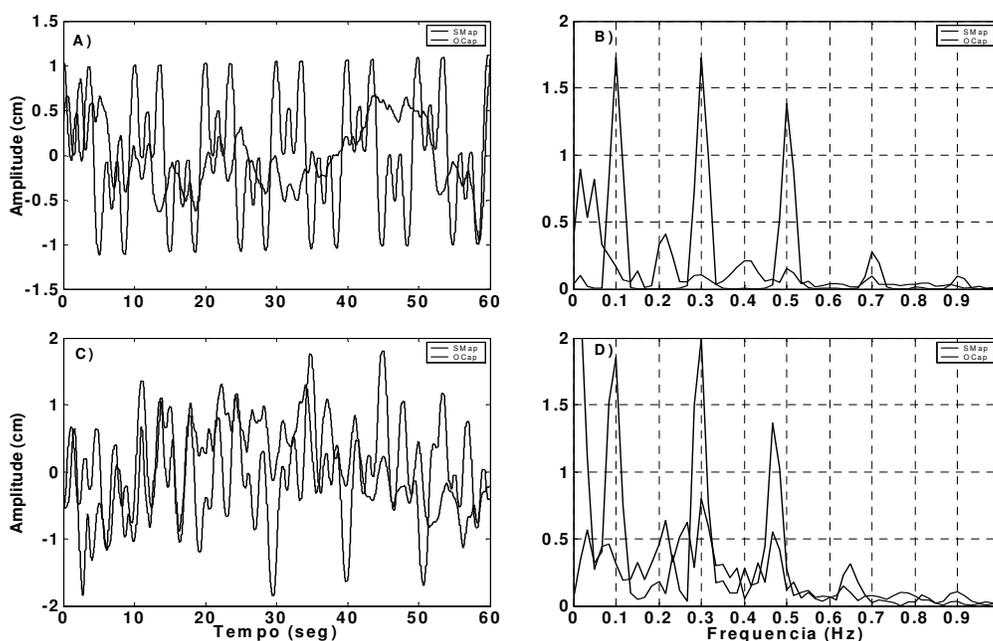


Figura 23. Séries temporais (A,C) e espectros (B,D) da oscilação corporal e do movimento da sala de um participante nas condições de manipulação periódica complexa(A,B) e não periódica (C,D) da informação visual.

Comportamento dos participantes frente à movimentação da sala

Para verificar este comportamento, foram analisadas as variáveis amplitude média de oscilação e SFSA, em cada frequência de oscilação da sala. A Figura 24 ilustra as médias e desvios padrão de amplitude média de

oscilação, e SFSA nas três freqüências de oscilação da sala nos momentos pré e pós treinamento. Para a amplitude média de oscilação a ANOVA não revelou diferença. para a condição periódica complexa $F(1,12)=0,053$, $p>0,05$ e nem para a condição não periódica, $F(1,12)=0,369$, $p>0,05$.

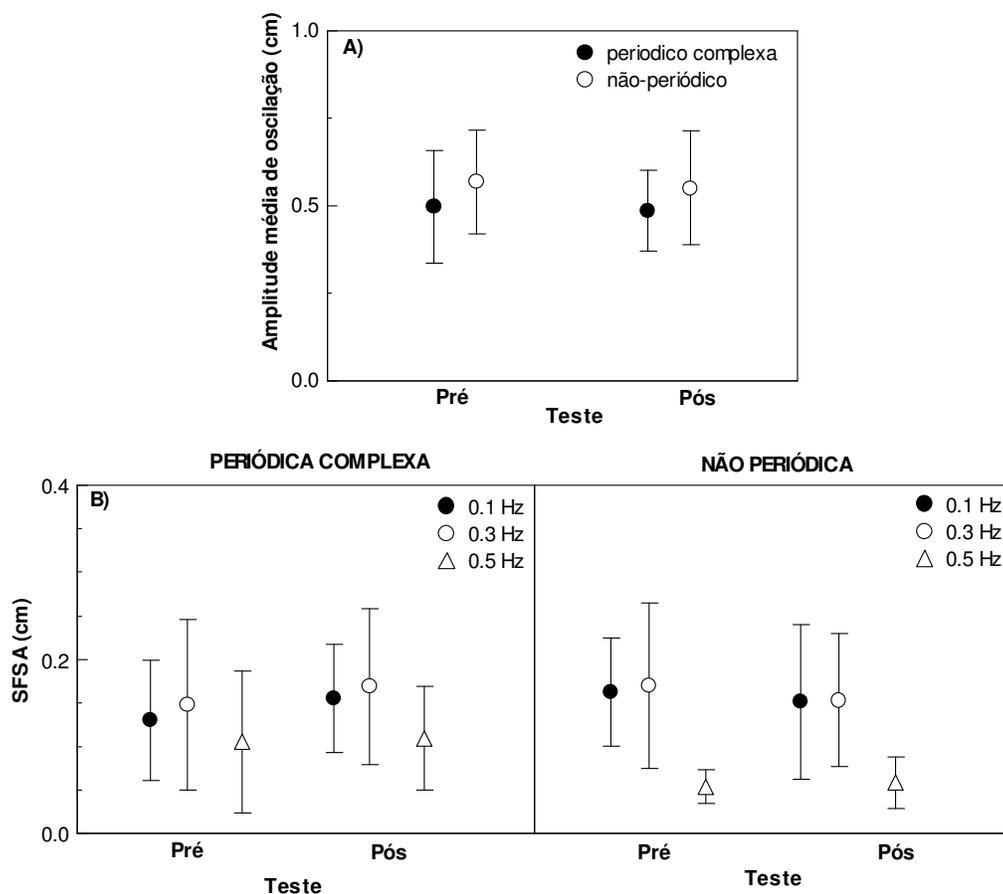


Figura 24. Valores médios e desvios padrão da amplitude média de oscilação corporal (A) e da amplitude de oscilação na freqüência do estímulo (SFSA) (B) dos participantes nas condições periódica complexa e não periódica da informação visual.

As MANOVAS não revelaram diferenças para a SFSA na condição periódica complexa, Wilks' Lambda= 0,186, $F(3,10)=0,764$, $p>0,05$, sendo o mesmo observado para a condição não periódica, Wilks' Lambda=0,826, $F(3,10)=0,702$.

Relacionamento espacial entre o movimento da sala e oscilação corporal

As variáveis adotadas para a análise do relacionamento entre informação sensorial e oscilação corporal foram o ganho e a coerência em todas as três freqüências de movimentação da sala. Os valores médios e desvios padrão do ganho (A) e coerência (B) estão apresentados na Figura 25.

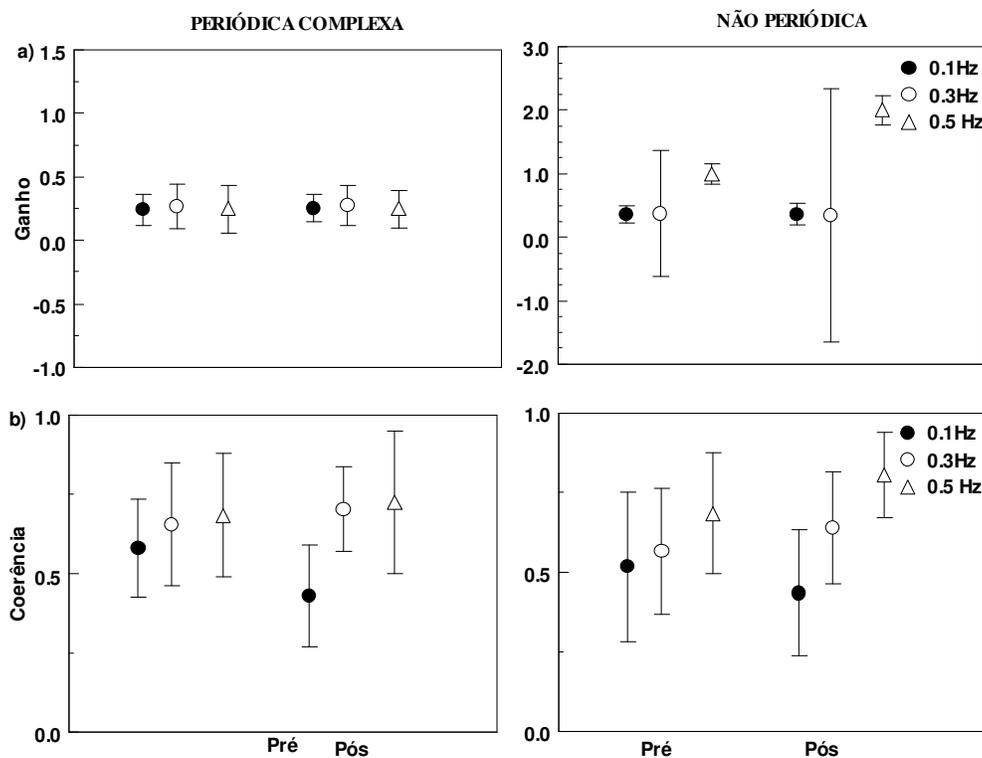


Figura 25. Valores médios e desvios padrão do ganho (a) e coerência (b) em cada freqüência de estímulo visual nos momentos pré e pós treinamento, nas condições de manipulação periódica complexa e não periódica da informação visual.

As MANOVAS não revelaram diferenças para a coerência e ganho na condição periódica complexa, Wilks' Lambda= 0,513, $F(6,7)=0,897$, $p>0,05$, sendo o mesmo observado para a condição não periódica, Wilks' Lambda=0,513, $F(6,7)=1,106$, $p>0,05$.

6 – DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo fornecem informações importantes sobre os efeitos de um programa sistematizado e generalizado de exercícios físicos nas capacidades funcionais e fatores importantes o controle postural em idosos. A metodologia empregada mostrou-se adequada às características da população participante do presente estudo, já que os exercícios respeitaram as condições neurofisiológicas dos participantes. Os testes mostraram-se aplicáveis e satisfatórios quanto à suas especificidades e a inclusão dos participantes foi condicionada à ausência de enfermidades ou fatores que viessem a prejudicar a participação e nos testes ou treinamentos por parte dos mesmos.

Os participantes foram, neste estudo, submetidos à avaliações sensoriais, motoras e de controle postural e também dos componentes de capacidade funcional envolvidos na execução das atividades da vida diária. O fato de que as capacidades e fatores que poderiam ser influenciados pela intervenção terem sido avaliados separadamente, permitiram uma melhor análise e entendimento dos mesmos. Os testes de capacidade funcional mostraram a eficiência do treinamento em influenciar positivamente os componentes de força, agilidade e capacidade aeróbia. O mesmo não ocorreu com a flexibilidade e coordenação, que permaneceram sem alteração.

Como esperado, o programa de exercícios não propiciou melhoras no funcionamento dos sistemas visual e somatosensorial, conforme evidenciado pelos resultados dos respectivos testes. Diferentemente, foi observada melhora na capacidade de produção de torque articular dos participantes e da diminuição da latência muscular. Com relação ao controle postural, os participantes mostraram comportamentos diferentes perante às diferentes condições de superfície de suporte e de visão, porém, o programa de exercícios não proporcionou melhoras, observando-se até uma deterioração na manutenção da postura no apoio semi-tandem e sem visão do pré para o pós-teste.

A seguir, alguns destes aspectos serão apresentados e discutidos de forma mais apropriada.

6.1 Capacidade Funcional

Os efeitos de programas de exercícios físicos em idosos vêm sendo amplamente estudados pela comunidade científica, tanto na capacidade funcional como um todo e a realização das atividades da vida diária (Tantanem et al, 1999) quanto em seus componentes separadamente (Miyasike-da-Silva, Vilar et al., 2002; Warburton et al., 2001; Nelson & Fiatarone et al., 1994; Seguin & Nelson, 2003; Liu-Ambrose, Kan et al., 2004). É importante ressaltar que quanto melhores os níveis de capacidade funcional, maior a autonomia funcional e independência dos idosos. Dessa forma, a análise da capacidade funcional é um aspecto que pode propiciar informação importante sobre as condições que o adulto idoso apresenta para a realização das tarefas mais

variadas e que permitem uma interação e atuação no meio onde o mesmo se encontra.

A melhora encontrada nos componentes de capacidade funcional, observada no presente estudo, resistência de força, agilidade e equilíbrio dinâmico e capacidade aeróbia/habilidade de andar são coerentes com os propósitos e atividades do programa de exercícios no qual os participantes estiveram envolvidos. Especificamente, o programa de exercícios envolveu atividades que, na maioria das vezes eram, realizadas em grupos e valorizavam a interação e cooperação entre os participantes. O caráter dinâmico das atividades propostas, certamente propiciou menor estímulo aos componentes flexibilidade e coordenação motora manual. Ainda considerando que estes componentes exigem maior especificidade no treinamento para desenvolvimento dos mesmos, sendo que isto não ocorreu. Assim, é possível sugerir que para estes componentes há necessidade de programas específicos direcionais para tais componentes e que, parece, não ter sido o caso do programa utilizado no presente estudo. É observada melhora da flexibilidade em estudos envolvendo atividades específicas para este componente de capacidade funcional (James e Parker, 1989; Warburton et al., 2001). Ainda, a flexibilidade é significativamente afetada pelo processo natural de envelhecimento, no qual ocorrem alterações importantes na cápsula articular, elasticidade músculo tendínea e ligamentar (Adams et al., 1999).

É possível ainda, que os componentes que foram influenciados pelo programa de treinamento exijam menor especificidade no treinamento ou até mesmo que sejam mais requisitados de forma mais integrada e generalizada

nas atividades da vida diária, como ocorreu no treinamento e, portanto, foram influenciados e apresentaram diferenças entre o pré e pós-teste.

Alguns estudos encontrados na literatura corroboram os resultados observados no presente estudo. Exercícios físicos promovem melhora nos componentes de capacidade funcional de força (Rantanem, Guralnik et al. 1999; Hunter, Wetzstein et al. 2001) e agilidade (Miyasike-da-Silva, Villar et al. 2002). Já em relação à flexibilidade, são relatadas melhoras neste componente quando os exercícios são específicos (Warburton, Gledhill et al. 2001).

Portanto, intervenção proveniente de um programa estruturado de atividade física propicia melhora na capacidade funcional de idosos, entretanto, estes benefícios são específicos aos componentes e capacidades enfatizadas no rol de atividades do programa.

6.2 Sistemas Sensoriais

Com o processo de envelhecimento, o funcionamento dos sistemas sensoriais também passa por alterações (Toledo e Barela, 2010). No sistema visual, há um declínio progressivo, a partir da quinta década de vida, como mudanças morfo-funcionais, provocando diminuição da acuidade visual, diminuição da sensibilidade ao contraste, redução da capacidade de adaptação à luminosidade ambiente, dentre outras (Toledo e Barela, 2010). Ainda, indivíduos idosos são mais suscetíveis à desenvolver enfermidades do sistema visual como catarata, glaucoma e degeneração macular (Hay et al., 1996; Kahn et al, 1997 e Lord et al., 2006)

Da mesma forma que no caso do sistema visual, o processo de envelhecimento provoca alterações no sistema vestibular que podem ser

anatômicas como desgaste neural e celular a região do labirinto (Herdman et al., 2000; Katsarkas et al., 1994) e funcionais como a perda da sensibilidade vestibular (Johnsson et al., 1982). Essas alterações prejudicam diretamente o controle postural e a capacidade de locomoção, de forma que aumenta a instabilidade postural e aumenta o risco de quedas (Tian et al., 2002; Sturnieks et al., 2008).

Os resultados encontrados nas avaliações da acuidade visual e sensibilidade ao contraste visual, que não sofreram qualquer alteração por decorrência do programa de intervenção, eram esperados. Os participantes do presente estudo não possuíam alterações decorrentes de enfermidades relacionadas ao sistema visual. Ainda, o período entre as duas avaliações, pré e pós teste, não foi longo o suficiente para que efeitos deletérios do envelhecimento pudessem influenciar estes testes. De qualquer forma, o treinamento, como realizado no presente estudo, não produz qualquer alteração no funcionamento do sistema funcional.

As alterações estruturais e funcionais dos sistemas somatosensoriais decorrentes do envelhecimento e estão associadas com a instabilidade postural alterando ainda, a qualidade de informações proprioceptivas como posição articular, movimento e sensibilidade cutânea, que são fornecidas por receptores musculares, cutâneos, articulares e tendinosos (Sturnieks et al., 2008). Sensibilidade periférica também é afetada por distúrbios ou enfermidades comuns ao processo de envelhecimento como diabetes, distúrbios articulares, alteração do fluxo sanguíneo e até mesmo degeneração de mecanoreceptores cutâneos (Petrela et al., 1997; Stumieks et al., 2008).

As alterações dos sistemas e canais sensoriais decorrentes do processo de envelhecimento somados a possíveis mudanças da habilidade de absorver, integrar, processar informações sensoriais, podem levar à queda na qualidade e eficiência nas respostas posturais de um indivíduo.

Quanto ao teste de percepção do movimento passivo, a ausência de efeitos do treinamento surpreendeu, pois mesmo com a diminuição da sensibilidade à movimentação articular decorrente do processo de envelhecimento (Sturnieks et al., 2008; Laidlaw & Hamilton, 1937), a prática de exercícios tende a melhorar a sensibilidade articular. Este resultado foi surpreendente se comparado a estudos como o realizado por Gauchard e colaboradores (1999), que constatou melhor controle postural em idosos que apresentaram melhor desempenho proprioceptivo. A relação entre o desempenho dos sistemas proprioceptivo e motor também foi relatada por Toledo e colaboradores (2010).

Quando o desempenho dos sistemas sensoriais de idosos é comparado ao de adultos jovens, ficam evidentes os efeitos do processo de envelhecimento. Indivíduos idosos apresentam desempenho inferior na acuidade e sensibilidade ao contraste visual (Grenne et al., 1987; Verrillo et al., 1985), na sensibilidade cutânea (Kenshalo, 1986; Perry, 2006) e propriocepção (Bullock-Saxton et al., 2001; Petrella, 1997). As evidências encontradas em estudo recente de Toledo e Barela (2010), no qual indivíduos idosos obtiveram desempenho significativamente inferior em testes sensoriais de visão, sensibilidade cutânea, articular.

6.3 Torque e Latência Muscular

A melhora na capacidade de produção de torque articular reforça as evidências de que o programa foi eficiente no que se diz respeito à força muscular geral, já que o mesmo foi observado na avaliação da capacidade funcional. A melhora da força, como efeito de um programa generalizado de exercícios físicos, é relatada na literatura específica (Judge, Lindsey et al. 1993; Seguin and Nelson, 2003; Lin and Woollacott, 2002).

Mais interessante, entretanto, foi redução na latência muscular entre a primeira e segunda avaliação. Apesar da surpresa, essa redução pode ser explicada por uma possível melhora da ativação muscular e recrutamento de unidades motoras decorrentes da prática de exercícios físicos (Spirduso, Francis et al. 2005) já que idosos fisicamente ativos tendem a apresentar melhor desempenho em atividades motoras.

A capacidade de produção de torque articular diminui naturalmente com o envelhecimento (Toledo e Barela, 2010), o que contribui para a redução dos níveis de atividade física, deste modo, por serem menos ativos, indivíduos idosos seriam mais sensíveis a estímulos externos como o treinamento do que idosos ativos ou adultos jovens (Spirduso, 2005).

Em um estudo recente, Bento et al. (2010) não encontraram diferenças significativas nos picos de produção de torque dos membros inferiores de idosos com e sem histórico de quedas. Ainda no mesmo estudo, ao analisarem a taxa de produção de torque repetidas vezes, os autores constataram diferença apenas nos músculos flexores de joelho, sendo que esta taxa era menor no grupo com histórico de quedas. Diante de tais evidências, é possível afirmar que quanto maior a velocidade de contração, menor a incidência de

quedas. Desta forma, a melhora do desempenho dos participantes não somente no teste de latência muscular, mas também no de força muscular na bateria de testes da AAHPERD revela que o programa de exercícios adotado influenciou positivamente a velocidade na contração muscular qualidade e eficiência em produzir respostas à perturbações externas ao seu equilíbrio, o que levaria à menor chance de uma queda de fato diante de um imprevisto como obstáculos escorregões ou tropeções ao se locomoverem na realização das atividades da vida diária.

A melhora nos componentes, agilidade, força e capacidade aeróbia observada no presente estudo também estão em linha com estudo de Rantanen et al. (1999), que observou uma relação importante entre estes, já que em seu estudo, idosos com níveis inferiores de força ou equilíbrio, também apresentaram desempenho semelhante no teste de andar.

Apesar de não esperado, o fato de que o programa de exercícios não ter sido capaz de melhorar significativamente todos os componentes de capacidade funcional, os resultados não foram totalmente surpreendentes, já que esses componentes não são influenciados de maneira uniforme pelo processo natural de envelhecimento (Ferreira et al. 2009), podendo ser mais ou menos afetados e ainda em momentos diferentes deste processo.

6.4 Controle Postural

6.4.1 Manutenção da Postura Ereta

O processo natural de envelhecimento também exerce influência sobre o controle postural de um indivíduo, até mesmo durante a aparentemente simples tarefa de permanecer em pé e parado ou manutenção da postura ereta. Na verdade, a manutenção da postura ereta é uma tarefa que envolve o equilíbrio das forças externas e internas com base nas informações visuais, vestibulares e proprioceptivas (Fitzpatrick et al., 1994).

O declínio no controle da manutenção da postura ereta em idosos está relacionado com alterações nas funções sensório-motoras como redução da força muscular de membros inferiores, redução da sensibilidade periférica, acuidade visual e tempo de reação (Lord et al., 1994; Brocklehurst et al., 1982; Sturnieks et al., 2008).

Alguns estudos (Duncan et al., 1990; Hageman et al., 1995) que buscaram quantificar o quanto o envelhecimento afeta o controle postural identificaram que a diminuição da performance ocorre de maneira mais evidente a partir dos 60 anos de idade, quando podem ser observada uma redução de 16% por década de vida. Fato semelhante ao que ocorre com os sistemas envolvidos no controle postural e aumento de quedas (Sturnieks et al., 2008).

O programa de treinamento não proporcionou melhoras na amplitude média de oscilação dos participantes. Até foi observada diferença de performance na condição semi-tandem, sem visão no pós-teste. O

desempenho inferior nesta base de apoio é esperado, pois é uma tarefa de maior exigência (Prioli, Cardozo et al. 2006).

Essa constatação, de certa forma, foi surpreendente, pois esperava que com o programa de atividade física, os participantes apresentassem melhora na manutenção da postura quase estática em pé. Diversos estudos (Prioli, Freitas Junior et al. 2005; Granacher, Gollhofer et al. 2006; Barela et al., 2009) têm apontado para os benefícios e uso de atividade física para melhorar a performance do controle postural; Tais alterações, ainda, perpassam pelo uso de informação sensorial (Freitas Junior and Barela 2006; Toledo 2008).

Apesar de surpreendentes, os resultados obtidos no presente corroboram em parte, com resultados observados estudos anteriores, tendo em vista que os idosos foram influenciados pelo movimento da sala móvel. Porém, o treinamento não alterou este relacionamento. O torque e a latência, alterados pelo treinamento, não estão relacionados com a visão e controle postural, bem como não alterou a sensibilidade na percepção ao movimento passivo e na oscilação corporal.

7 – CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, pode-se concluir que o programa generalizado de exercícios físicos adotado, mostrou-se adequado para indivíduos idosos livres de enfermidades associadas ao envelhecimento, sem histórico de quedas e que não tenham participado de programas de exercícios físicos sistematizados.

Os resultados levaram à melhora agilidade, força e habilidade de andar, o que não ocorreu com a flexibilidade e coordenação motora, que necessitam, provavelmente de um treinamento com maior especificidade. Já o desempenho do sistema visual, dificilmente apresentaria alterações, já que a duração do estudo é curta em relação ao tempo necessário para que os efeitos do envelhecimento afetassem seu desempenho, podendo-se concluir o mesmo no sistema somatossensorial.

A melhora no torque articular e diminuição da latência muscular, provavelmente foram influenciados pela melhora dos níveis de força aumentados, já que o aumento da força muscular decorrente de treinamento tende a melhorar o torque articular e a ativação muscular.

Sobre o controle postural, foi surpreendente o fato do treinamento não propiciar melhoras, já que constam na literatura diversos estudos relatando a utilização da atividade física na melhora do controle postural.

Os resultados apresentados levam ainda a algumas conclusões importantes que merecem ser pontuadas como:

- a relação entre aumento da força, produção de torque articular e ativação muscular, pode ser importante na redução na incidência de quedas em idosos, já que podem influenciar diretamente a melhor recuperação diante de situações que podem potencialmente levar a quedas.

- a sensibilidade articular ao movimento passivo não apresentou relação com o aumento a diminuição da latência muscular, podendo-se concluir que o treinamento foi mais eficiente em termos neurais do que articulares e vasculares, já que a sensibilidade pode ser afetada por fatores como alterações na vascularização de tecido dentre outros.

- finalmente, o fato do treinamento não ter afetado o controle postural nas diferentes formas de apoio e manipulação da informação visual testadas no presente estudo, reforça a teoria de que o processamento e repesagem da informação sensorial tem um papel determinante no controle postural, já que a diminuição da latência muscular e aumento da capacidade de produção de torque articular não provocaram alterações nestes testes.

5 – REFERÊNCIAS

- Alvarez, J. C., C. Diaz, et al. (2000). Aging and the human vestibular nuclei: morphometric analysis. **Mecanismos of aging and development** 114: 149-172.
- American Geriatrics Society, B. G. S. a. A. A. o. O. S. P. o. F. P. (2001). Guideline for the prevention of falls in older persons. **Journal of the American Geriatrics Society**(49): 664-672.
- Amiridis, I. G., V. Hatzitaki, et al. (2003). Age-influence modifications of static postural control in humans. **Neuroscience Letters** 350: 137-140.
- Bacsi, A. M. and J. G. Colebatch (2005). Evidence for reflex and perceptual vestibular contributions to postural control. **Experimental Brain Research** 160: 22-28.
- Barela, A. M., Barela, J.A., Rinaldi, N.M., Toledo, D.R. de (2009). Influence of imposed optic flow characteristics and intention on postural responses. **Motor Control** 13: 1-12.
- Berger, L., M. Chuzel, et al. (2005). Undisturbed upright stance control in the elderly: Part 1. Age-related changes in undisturbed upright stance control. **Journal of Motor Behavior** 37(5): 348-358.
- Blaszczyk, J. W., D. L. Lowe, et al. (1994). Ranges of postural stability and their changes in the elderly. **Gait & Posture** 2: 11-17.
- Bonfim, T. R., C. A. Paccola, et al. (2003). Proprioceptive and behavior impairment in individual with anterior cruciate ligament reconstructed knees. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation** 84(8): 1217-1223.
- Brocklehurst, J., D. Robertson, et al. (1982). Clinical correlates of sway in old age: sensory modalities. **Age Ageing** 11(1): 1-10.
- Brown, L. E. and J. P. Weir (2001). Procedures recommendation I: Accurate assessment of muscular strength power. **Journal of Exercise Physiology** 4(3): 1-21.

- Bullock-Saxton, J. E., W. J. Wong, et al. (2001). The influence of age on weight-bearing joint reposition sense of the knee. **Experimental Brain Research** 136: 400 - 406.
- Demura, S., T. Kitabayashi, et al. (2005). Body Sway Characteristics during Static Upright Posture in Healthy and Disordered Elderly. **Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science** 24: 551 - 555.
- Di Fabio, R. P. and A. Emasithi (1997). Aging and the mechanism underlying head and postural control during voluntary motion. **Physical Therapy** 77: 458-475.
- Dijkstra, T. M. H., G. Schöner, et al. (1994). Temporal stability of the action-perception cycle for postural control in a moving visual environment. **Experimental Brain Research** 97: 477-486.
- Dorfman, L. J. and T. M. Bosley (1979). Age-related changes in peripheral and central nerve conduction in man. **Journal of Neurology** 29: 38 - 44.
- Era, P., J. Jokela, et al. (1986). Correlates of vibrotactil thresholds in men of different ages. **Acta Neurology Scandinavica** 74: 210-217.
- Etinger, W., R. Burns, et al. (1997). A randomized trial comparing aerobic exercise and resistance exercise with a health education program in older adults with knee osteoarthritis and seniors trial. **Journal of American Medical Association**(277): 25-31.
- Ferraz, M. A., J. A. Barela, et al. (2001). Acoplamento sensório-motor no controle postural de indivíduos idosos fisicamente ativos e sedentários. **Motriz** 7(2): 99-105.
- Freitas Junior, P. and J. A. Barela (2006). Alterações no funcionamento do sistema de controle postural de idosos. Uso da informação visual. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto** 6: 94-105.
- Freitas Junior, P. B. (2003). Características comportamentais do controle postural de jovens, adultos e idosos. Dissertação (Ciências da Motricidade- Instituto de Biociências). Rio Claro, Universidade Estadual Paulista. **Mestrado**: 131.
- Freriks, B. and H. J. Hermes (1999). European recommendations for surface electromiography. , The Netherlands: Roessingh Research and Development b.v.
- Frontera, W. R., V. A. Hughes, et al. (2001). Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: The health ABC study. **Journal of Applied Physiology** 90: 2157-2165.

- Gauchard, G. C., C. Jeandel, et al. (1999). Beneficial effect of proprioceptive physical activities on balance control in elderly human subjects. **Neurosci Lett** 273(2): 81-4.
- Goodpaster, B. H., C. L. Carlson, et al. (2001). Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: The Health ABC Study. **Journal of Applied Physiology** 90: 2157 - 2165.
- Grabiner, M. D. and R. M. Enoka (1995). Changes in Movement Capabilities with Aging. **Exercise and Sport Sciences Reviews** 23: 65 - 104.
- Granacher, U., A. Gollhofer, et al. (2006). Training induced adaptations in characteristics of postural reflexes in elderly men. **Gait Posture** 24(4): 459-66.
- Grenne, H. A. and D. J. Madden (1987). Adult age differences in visual acuity, stereopsis and contrast sensitivity. **American Journal of Optometry and Physiological Optics** 64: 749-753.
- Gu, M.-J., A. B. Schultz, et al. (1996). Postural control in young and elderly adults when stance is perturbed: Dynamics. **Journal of Biomechanics** 29(3): 319-329.
- Hakkinen, K. and A. Hakkinen (1991). Muscle cross-sectional area, force production and relaxation characteristics in women at different ages. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol** 62(6): 410-4.
- Hakkinen, K., U. M. Pastinen, et al. (1995). Neuromuscular performance in voluntary bilateral and unilateral contraction and during electrical stimulation in men at different ages. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol** 70(6): 518-27.
- Hay, L., C. Bard, et al. (1996). Availability of visual and proprioceptive afferent messages and postural control in elderly adults. **Exp Brain Res** 108(1): 129-39.
- Haymes, S. A., A. W. Johnston, et al. (2002). Relationship between vision impairment and ability to perform activities of daily living. **Ophthalmic & Physiological Optics: The Journal of the British College of Ophthalmic Opticians** 22: 79-91.
- Hogan, N. and T. Flash (1987). Moving gracefully: Quantitative theories of motor coordination. **Trends in Neuroscience** 10(14): 170-174.
- Holland, G. J., K. Tanaka, et al. (2002). Flexibility and Physical Functions of Older Adults: A Review. **Journal of Aging and Physical Activity** 10: 169 - 206.
- Horak, F. B., H. C. Diener, et al. (1989). Influence of central set on human postural responses. **Journal of Neurophysiology** 62(4): 841-853.

- Horak, F. B. and J. M. Macpherson (1996). Postural orientation and equilibrium. **Handbook of physiology**. L. B. Rowell and J. T. Shepard. New York, Oxford University Press: 255-292.
- Horak, F. B., C. L. Shupert, et al. (1989). Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. **Neurobiol Aging** 10(6): 727-38.
- Hunter, G. R., C. J. Wetzstein, et al. (2001). High-resistance versus variable-resistance training in older adults. **Med Sci Sports Exerc** 33(10): 1759-64.
- Hurley, M. V., J. Rees, et al. (1998). Quadriceps function, proprioceptive acuity and functional performance in healthy young, middle-aged and elderly subjects. **Age and Ageing** 27: 55 - 62.
- IBGE, I. B. d. G. e. E. (2002). Perfil dos idosos responsáveis pelos domicílios no Brasil 2000. Estudos & Pesquisas: Informação demográfica e socioeconômica. Rio de Janeiro.
- James, B. and A. Parker (1989). Active and passive mobility of lower limb joints in elderly man and women. **American Journal of Physiology Medicine Rehabilitation**. 68(4): 162-167.
- Jeka, J., K. S. Oie, et al. (2000). Multisensory information for human postural control: Integrating touch and vision. **Experimental Brain Research** 134: 107-125.
- Judge, J. O., C. Lindsey, et al. (1993). Balance improvements in older women: effects of exercise training. **Phys Ther** 73(4): 254-62; discussion 263-5.
- Kenshalo, D. R. (1986). Somesthetic sensitivity in young and elderly humans. **Journal of Gerontology** 41(6): 732-742.
- Kent-Braun, J. A., A. V. NG, et al. (2000). Skeletal muscle contractile and noncontractile components in young and older women and men. **Journal of Applied Physiology** 88: 662-668.
- Klass, M., S. Baudry, et al. (2005). Aging does not affect voluntary activation of the ankle dorsiflexors during isometric, concentric, and eccentric contractions. **Journal of Applied Physiology** 99: 31 – 38.
- Laughton, C. A., M. Slavin, et al. (2003). Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. **Gait Posture** 18(2): 101-8.
- Lin, S. I. and M. H. Woollacott (2002). Postural muscle responses following changing balance threats in young, stable older, and unstable older adults. **J Mot Behav** 34(1): 37-44.

- Liu-Ambrose, T., K. M. Khan, et al. (2004). Resistance and agility training reduce fall risk in women aged 75 to 85 with low bone mass: a 6-month randomized, controlled trial. **J Am Geriatr Soc** 52(5): 657-65.
- Lord, S. R., R. D. Clark, et al. (1991). Visual Acuity and contrast sensitivity in relation to falls in an elderly population. **Age and Ageing** 20: 175 - 181.
- Lord, S. R. and H. B. Menz (2000). Visual Contributions to Postural Stability in Older Adults. **Journal of Gerontology** 46: 306 - 310.
- Lord, S. R., C. Sherrington, et al. (2001). **Falls in older people: Risk factors and strategies for prevention**. Cambridge, Cambridge University Press.
- Lord, S. R. and J. A. Ward (1994). Age-associated differences in sensori-motor function and balance in community dwelling women. **Age and Ageing** 23: 452-460.
- Lord, S. R., J. A. Ward, et al. (1995). The effect of a 12-month exercise trial on balance, strength, and falls in older women: a randomized controlled trial. **J Am Geriatr Soc** 43(11): 1198-206.
- MacCulloch, P. A., T. Gardner, et al. (2007). Comprehensive fall prevention programs across settings: A review of the literature. **Geriatric Nursing** 28(5): 306-311.
- Mackey, D. C. and S. N. Robinovitch (2006). Mechanisms underlying age-related differences in ability to recover balance with ankle strategy. **Gait & Posture** 23: 59-68.
- Maki, B. E. and W. E. McIlroy (1996). Postural control in the older adult. **Gait and Balance Disorders** 12(4): 635-658.
- Martin, J. H. (2005). The corticospinal system: from development to motor control. **The Neuroscientist** 11(2): 161-173.
- Matsudo, S. M., V. K. R. Matsudo, et al. (2001). Atividade Física e Envelhecimento: Aspectos epidemiológicos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte** 7(1): 2-13.
- McClenaghan, B. A., H. G. Williams, et al. (1996). Spectral characteristics of ageing postural control. **Gait & Posture** 4: 112-121.
- Miyasike-da-Silva, V., R. Villar, et al. (2002). Nível de agilidade em indivíduos entre 42 e 73 anos: Efeitos de um programa de atividades físicas generalizadas e de intensidade moderada. **Rev. Bras. Cienc. Esporte** 23(3): 65-79.

- Musolino, M. C., P. J. Loughlin, et al. (2006). Spectrally similar periodic and non-periodic optic flows evoke different postural sway responses. *Gait Posture* 23(2): 180-8.
- Nakamura, H., T. Tsuchida, et al. (2001). The assessment of posture control in the elderly using the displacement of the center of pressure after forward platform translation. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 11: 395 - 403.
- Nashner, L. M. (1981). Analysis of stance posture in humans. **Motor coordination. (Handbook of behavioral neurology, Vol.5)**. A. L. Towe and E. S. Luschei. New York, NY, Plenum Press: 527-565.
- Nashner, L. M., F. O. Black, et al. (1982). Adaptation to altered support and visual conditions during stance: Patients with vestibular deficits. **The Journal of Neuroscience** 2(5): 536-544.
- Nelson, M. E., M. A. Fiatarone, et al. (1994). Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures. A randomized controlled trial. **Jama** 272(24): 1909-14.
- Nelson, M. E., W. J. Rejeski, et al. (2007). Physical activity and public health in older adults: Recommendation from the American College of Sports Medicine and the American heart Association. *Circulation* 116: 1094-1105.
- Osness, W. H., M. Adrian, et al. (1990). **Functional Fitness Assessment for adults over 60 years: a field based assessment**. RESTON, AAHPERD.
- Owsley, C. (2003). Contrast sensitivity. **Ophthalmology Clinics of North America** 16: 171-177.
- Paulus, W., A. Straube, et al. (1989). Differential effects of retinal target displacement, changing size and changing disparity in the control of anterior/posterior and lateral body sway. **Exp Brain Res** 78(2): 243-52.
- Perrin, P., D. Deviterne, et al. (2002). Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. **Gait and Posture** 15: 187-194.
- Peterka, R. J. (1995). Simple model of sensory interaction in human postural control. **Multisensory Control of Posture**. T. Mergner and F. Hlavacka. New York, Plenum Press: 281-288.
- Peterka, R. J. and M. S. Benolken (1995). Role of somatosensory and vestibular cues in attenuating visually induced human postural sway. **Experimental Brain Research** 105: 101-110.

- Petrella, R. J., P. J. Lattanzio, et al. (1997). Effect of age and activity on knee joint proprioception. **American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation** 76(3): 235 - 241.
- Polastri, P. F., A. M. F. Barela, et al. (2001). **Controle postural em idosos: relacionamento entre informação visual e oscilação corporal**. IX Congresso Brasileiro de Biomecânica, Gramado, RS, Sociedade Brasileira de Biomecânica.
- Prioli, A. C., A. S. Cardozo, et al. (2006). Task demand effects on postural control in older adults. **Hum Mov Sci** 25(3): 435-46.
- Prioli, A. C., P. B. Freitas Junior, et al. (2005). Physical activity and postural control in the elderly: coupling between visual information and body sway. **Gerontology** 51(3): 145-8.
- Rantanem, T., J. M. Guralnik, et al. (1999). Disability, physical activity and muscle strength in older women: The women's health and aging study. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation** 80: 130-135.
- Rauch, S. D., L. Velazquez-Villasenor, et al. (2001). Decreasing hair cell counts in aging humans. **Ann N Y Acad Sci** 942: 220-7.
- Rivner, M. H., T. R. Swift, et al. (2001). Influence of age and height on nerve conduction. **Muscle Nerve** 24(9): 1134-41.
- Robinovitch, S. N., B. Heller, et al. (2002). Effect of strength and speed of torque development on balance recovery with the ankle strategy. **Journal of Neurophysiology** 88: 613-620.
- Seguin, R. and M. E. Nelson (2003). The benefits of strength training for older adults. **Am J Prev Med** 25(3 Suppl 2): 141-9.
- Simoneau, E. M., A.; van Hoecke, J. (2005). Muscular performance at the ankle joint in young and elderly men. **Journal of Gerontology** 60A(4): 439-447.
- Sparto, P. J., J. M. Furman, et al. (2006). Head sway response to optic flow: Effect of age is more important than the presence of unilateral vestibular hypofunction. **Journal of Vestibular Research** 16: 137 - 145.
- Spiriduso, W. W., K. L. Francis, et al. (2005). Physical dimensions of aging. Champaign, Human Kinetics.
- Tang, P.-F., M. H. Woollacott, et al. (1998). "Control of reactive balance adjustments in perturbed human walking: Roles of proximal and distal postural muscle activity." Experimental Brain Research **119**: 141-152.

- Toledo, D. R. (2008). Alterações sensoriais e motoras associadas ao envelhecimento e controle postural de idosos. *Educação Física*. Rio Claro-SP, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP. **Mestrado**: 144.
- Vandervoort, A. A. (1992). Effects of ageing on human neuromuscular function: implications for exercise. *Canadian Journal of sport sciences* 17(3): 178 - 184.
- Vandervoort, A. A., B. M. Chesworth, et al. (1992). Age and sex effects on mobility of human ankle. *Journal of Gerontology* 47(1): 17-21.
- Verrillo, R. T. and V. Verrillo (1985). Sensory and perceptual performance. In Charness N (ed): *Ageing and Human Performance*.
- Wade, M. G. and G. Jones (1997). The role of vision and spatial orientation in the maintenance of posture. *Physical Therapy* 77(6): 619-628.
- Wade, M. G., R. Lindquist, et al. (1995). Optical flow, spatial orientation, and the control of posture in the elderly. *Journal of Gerontology* 50B(1): P51-P58.
- Warburton, D. E., N. Gledhill, et al. (2001). Musculoskeletal fitness and health. *Can J Appl Physiol* 26(2): 217-37.
- Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture* 3: 193-214.
- Woollacott, M. H. (2002). Development of balance control in typically developing children and children with cerebral palsy. *Progress in motor control*. M. L. Latash. Champaign, Human Kinetics. 2: 83-101.
- Woollacott, M. H. and A. Shumway-Cook (1986). The development of the postural and voluntary motor control systems in Down's Syndrome children. *Motor skill acquisition of the mentally handicapped: Issues in research and training*. M. G. Wade. Amsterdam, Elsevier Science Publishers B.V.: 45-71.
- Woollacott, M. H. and P. F. Tang (1997). Balance control during walking in the older adult: Research and its implication. *Physical Therapy* 77(6): 646-660.
- Young, A. and D. A. Skelton (1994). Applied physiology of strength and power in old age. *Journal of Sports Medicine* 15: 149 - 151.

ANEXO 1 –TERMO DE CONSENTIMENTO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Gostaria de convidá-lo (a) a participar do projeto de pesquisa “**Efeitos da atividade física no controle postural e capacidade funcional de idosos**” conduzido pelo Prof. Dr. José Angelo Barela no Laboratório para Estudos do Movimento (LEM) - Departamento de Educação Física - Instituto de Biociências - UNESP/Rio Claro.

Para participar deste projeto você terá que fazer duas visitas ao LEM onde será submetido(a) aos seguintes testes:

- a) acuidade visual: sentado(a), você informará ao experimentador a letra apontada por ele, num quadro de letras posicionado a uma distância de 6 metros;
- b) sensibilidade ao contraste: sentado(a) em frente a um painel de figuras, você deverá informar ao experimentador a posição destas figuras;
- c) sensibilidade ao movimento passivo: sentado(a) em uma cadeira especialmente desenvolvida para este experimento, você deverá informar o momento em que sentir qualquer movimento na articulação do joelho;
- d) produção de torque muscular: na posição deitada com o joelho semi-flexionado e apoiado em um suporte, você deverá realizar flexão ou extensão do tornozelo contra um aparador;
- e) latência da resposta muscular: você ficará em pé sobre uma plataforma móvel, com os braços cruzados sobre o peito e de olhos fechados, e, no momento em que a plataforma se mover, terá que recuperar o equilíbrio;
- f) avaliação postural: você deverá permanecer em pé, com os braços colocados ao lado do corpo, dentro de uma sala, primeiramente durante 30 segundos, depois, aproximadamente 12 tentativas com duração de 16 segundos cada, e por último, 6 tentativas de 60 segundos de duração cada, tendo que permanecer olhando para frente em todas as tentativas, havendo um intervalo de descanso entre elas.
- g) Realizar cinco testes motores de capacidade funcional adaptados com duração aproximada de 40 minutos.

Caso o Sr (a), aceite participar do programa de treinamentos, o Sr(a) deverá participar de 50 sessões de treinamento, com 2 a 4 sessões semanais de aproximadamente 50 minutos de duração no Departamento de Educação Física da UNESP-Rio Claro. Os treinamentos estarão vinculados ao Programa de Atividade Física para Terceira Idade- PROFIT.

O desenvolvimento deste projeto e a sua participação não proporcionarão quaisquer benefícios financeiros, sendo que este projeto objetiva apenas investigar a utilização das informações sensoriais e motoras por idosos e adultos jovens diante dos testes realizados. Da mesma forma, você não corre risco algum decorrente da participação neste projeto.

Durante a realização de todos os procedimentos você será auxiliado (a) pelo responsável técnico deste projeto. A pesquisa não trará danos ou despesas e, portanto, não haverá a necessidade de ressarcimento e/ou indenização.

Todas as informações adquiridas no estudo são confidenciais e o seu nome e dados pessoais não serão divulgados em momento algum. Ainda, toda e qualquer informação será utilizada para fins acadêmicos e, se assim você desejar, o responsável pelo estudo irá fornecer esclarecimentos, antes e/ou durante o curso da pesquisa, sobre a metodologia e também irá fornecer, em outra oportunidade, os resultados da sua participação.

A qualquer momento você poderá pedir para interromper a sua participação na realização do experimento sem que isto lhe acarrete qualquer prejuízo ou penalização. DECLARO que, após ter sido devidamente esclarecido(a) pelo pesquisador sobre os itens 1 ao 8, do inciso III, consinto em participar do projeto de pesquisa em questão.

DECLARO, ainda, que recebi cópia do presente Termo.

. _____ de _____ de 2008

Nome do participante: _____

ENDEREÇO: _____

CIDADE/ESTADO: _____

CEP: _____ Telefone: (____) _____

RG: _____

CPF: _____

Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador

Responsável

Identificação do responsável pelo estudo:

Andrei Guilherme Lopes

Laboratório para Estudos do Movimento

Depto. de Educação Física - UNESP/RC

Av: 24-A, 1515 - Bela Vista - Rio Claro - SP

CEP: 13505-900 – Fone: (19) 3526-4108

(cópia ficará em poder do participante)

ANEXO 2- BATERIA DE TESTES DA AAHPERD

Testes de aptidão funcional (AAHPERD).

1. Teste de Agilidade e Equilíbrio Dinâmico (Agiled) → *ginástica*

Equipamento: cadeira com braços, fita adesiva, trena, dois cones e cronômetro.

Procedimento: à frente da cadeira, foi marcado um "X" sobre o qual o sujeito colocava os pés, a partir do qual eram colocados dois cones equidistantes 1,80 m para os lados e 1,50 m para trás, conforme mostra a figura 1.

Figura 1 vide anexo.

O sujeito estando sentado na cadeira, com os calcanhares apoiados no solo, ao sinal de "pronto" e "vai", levantava-se, movia-se para a direita e circundava o cone, retornava à cadeira e sentava-se. O sujeito imediatamente repetia o mesmo movimento para a esquerda completando um circuito - uma tentativa consistia de dois circuitos completos. Para certificar-se que o sujeito sentava-se realmente devia o mesmo tirar ligeiramente os dois pés do solo a cada vez que sentava-se. O sujeito devia movimentar-se tão rápido quanto podia sem perder o equilíbrio ou errar. Prática suficiente era proporcionada ao sujeito até que este entendesse o teste. Eram permitidas duas tentativas cronometradas e o resultado final era o da melhor delas, aproximado até décimos de segundo.

2. Teste de Flexibilidade (flex) → *dança*

Uma fita adesiva de 50 cm era afixada no solo e a fita métrica era também afixada perpendicularmente à fita adesiva, com a marca de 63,5 cm diretamente colocada sobre a fita adesiva. Sobre a fita adesiva foram feitas duas marcas equidistantes 15 cm do centro da fita métrica (figura 2).

Figura 2 vide anexo.

O sujeito, descalço, sentava-se no solo com as pernas estendidas, com os pés distantes 30 cm, artelhos apontando para cima e calcanhares centrados nas marcas feitas na fita adesiva.

6:30 hs.

O zero da fita métrica apontava para o sujeito. Com as mãos, uma sobre a outra, o sujeito devia vagarosamente deslizar uma das mãos sobre a fita métrica tão longe quanto pudesse, permanecendo na posição final no mínimo por 2 segundos. O avaliador segurava os joelhos do sujeito para certificar-se de que o mesmo não os flexionasse durante o teste.

Eram oferecidas duas tentativas de prática, seguidas de duas tentativas que eram anotadas até o centímetro mais próximo. O resultado final era dado pela melhor das duas tentativas anotadas.

3. Teste de Resistência de Força (Resistor)

Equipamento: um halter pesando 1,8 Kg, ^{→ musculação} uma cadeira sem braços e um cronômetro. ^{→ mulher;} ^{Romero → 3,6 Kg}

Procedimento: o sujeito sentava-se apoiando as costas no encosto da cadeira, com o tronco ereto. O halter era colocado na mão dominante do sujeito. O avaliador posicionava-se ao lado do sujeito colocando uma mão sobre o biceps do mesmo enquanto a outra suportava o halter. Quando o avaliador sinalizava com um "vai" o sujeito contraía o biceps até que o antebraço tocasse a mão do avaliador. Se esta prática de tentativa era completada, o halter era colocado no chão e permitido 1 minuto de descanso ao sujeito, findo o qual o teste era iniciado e o sujeito realizava o maior número de repetições no tempo de 30 segundos, que era anotado como resultado final do teste.

4. Teste de Coordenação (coo) → esporte

Equipamento: três latas cheias de refrigerante, um cronômetro, fita adesiva, mesa e cadeira.

Procedimento: um pedaço de fita adesiva com 76,2 cm de comprimento era fixada sobre uma mesa, distante 12,7 cm de sua borda. Sobre esta fita foram feitas 6 marcas com 12,7 cm de equidistância entre si, e iniciadas a 6,35 cm de cada extremidade da fita. Sobre cada uma das 6 marcas era afixado, perpendicularmente, um pedaço de fita adesiva com 7,62 cm de comprimento, formando assim 6 pequenos quadrados. O sujeito sentava-se de frente para a

mesa e usava, no teste, a mão dominante. Se a mão direita fosse a dominante, a lata de refrigerante era colocada no quadrado 1, a lata 2 no quadrado 3 e a lata 3 no quadrado 5. A mão direita era colocada na lata 1, com o polegar para cima, estando o cotovelo flexionado de 100 a 120 graus. Quando o avaliador sinalizava, o cronômetro era disparado e o sujeito virando a lata invertia sua base de apoio de forma que a lata 1 fosse colocada no quadrado 2; a lata 2 no quadrado 4 e a lata 3 no quadrado 6. Sem perda de tempo o sujeito, estando o polegar apontado para baixo, apanhava a lata 1 e revirando-a (mesma base do início do teste) recolocava-a no quadrado 1, e da mesma forma recolocava a lata 2 no quadrado 3 e a lata 3 no quadrado 5. Uma tentativa equivalia a realização do circuito duas vezes, sem interrupções. O cronômetro era parado quando a lata 3 era colocada no quadrado 5, ao final do segundo circuito.

Figura 3 vide anexo.

Caso o sujeito fosse sinistro, o mesmo procedimento era adotado, exceto que as latas eram colocadas a partir da esquerda - lata 1 no quadrado 6, lata 2 no quadrado 4 e lata 3 no quadrado 2 e assim por diante. Ao sujeito eram concedidas duas tentativas de prática, que eram seguidas de duas válidas, sendo estas últimas anotadas até décimo de segundo, sendo considerado como resultado final o menor tempo anotado.

5. Teste de Endurance Geral (enduge) → *testoma, at. lúdica*

O sujeito andava (sem correr) o mais rápido que pudesse 804,67 m numa pista de atletismo de 400 m. O resultado era expresso em minutos e segundos.

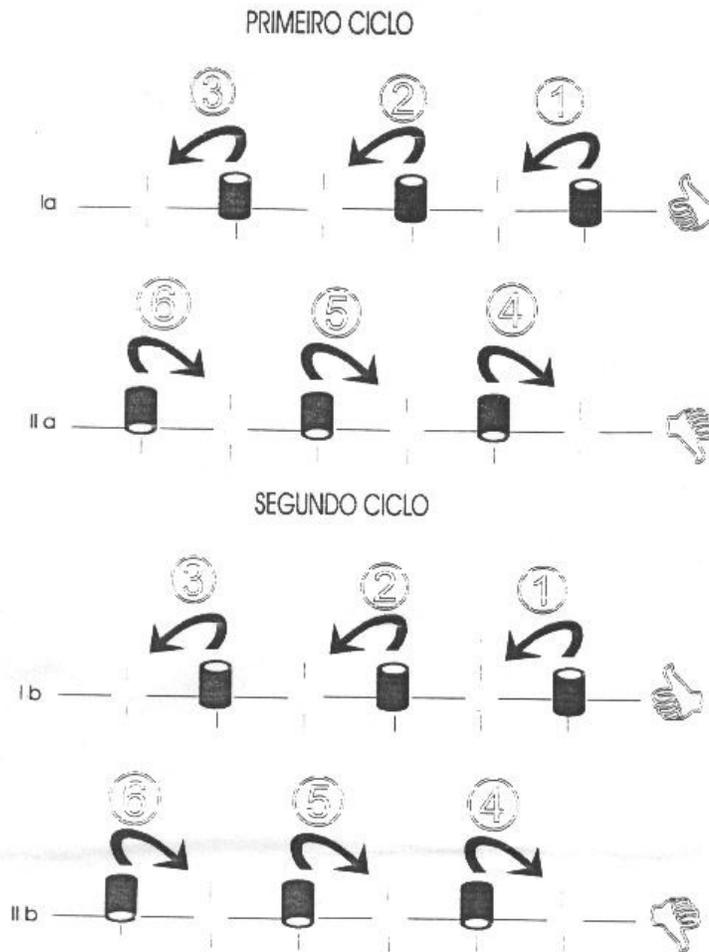


FIGURA 3. Ilustração gráfica do teste de coordenação (adaptado de OSNESS et al., 1990).

OSNESS, W.H. (1990). Functional Fitness Assessment for adults over 60-years. Refton: American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance

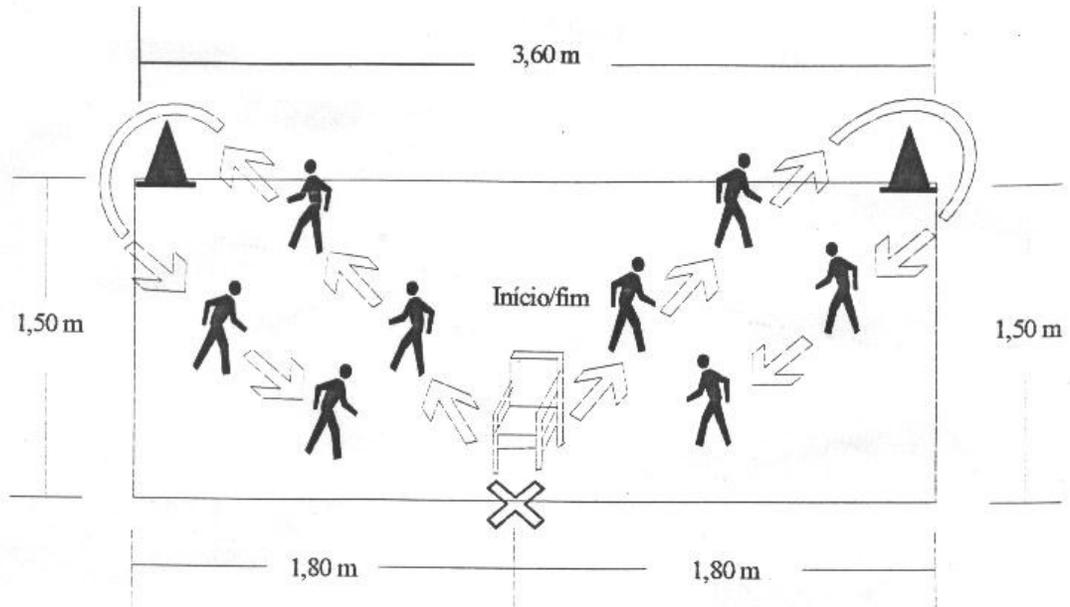


FIGURA 1. Esquema demonstrativo do teste de agilidade e equilíbrio dinâmico (adaptado de OSNESS et al., 1990).

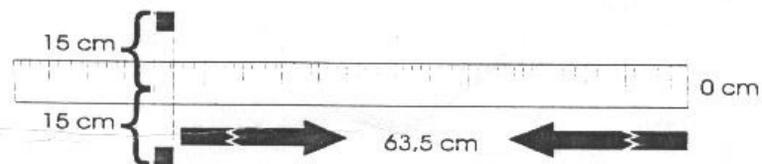


FIGURA 2. Medidas adotadas para realização do teste de flexibilidade (adaptado de OSNESS et al., 1990).

ANEXO 4- FICHA DE COLETAS

FICHA DE COLETA DE DADOS - ANDREI

Projeto: **Controle Postural e Capacidade Funcional de Idosos: Efeito de um programa de atividade física generalizada**

DATA DA COLETA: ___/___/___ ()PRÉ ()PÓS

1) Dados do participante

NOME: _____

SEXO: M () F ()

DATA DE NASCIMENTO: ___/___/___ IDADE: _____ anos

TELEFONE: () _____

ENDEREÇO: _____

PESO: _____ kg ESTATURA: _____ m

2) TESTES SENSORIAIS

- ACUIDADE VISUAL: _____
- SENSIBILIDADE AO CONTRASTE VISUAL: _____ log
- SENSIBILIDADE CUTÂNEA: dir _____ esq _____
- SENSIBILIDADE CUTÂNEA (hálux): dir _____ esq _____
- PERCEPÇÃO DE MOVIMENTO PASSIVO:

<u>JOELHO</u>		<u>TORNOZELO</u>	
FLEXÃO	EXTENSÃO	DORSIFLEXÃO	FLEXÃO PLANTAR
1) _____	1) _____	1) _____	1) _____
2) _____	2) _____	2) _____	2) _____
3) _____	3) _____	3) _____	3) _____

3) PRODUÇÃO DE TORQUE ARTICULAR

Comprimento da perna D: _____ cm Comprimento do pé D: _____ cm

Ajustes da cadeira: J: _____ T: _____

<u>FORÇA JOELHO (kg)</u>		<u>FORÇA TORNOZELO (kg)</u>	
FLEXÃO	EXTENSÃO	DORSIFLEXÃO	FLEXÃO PLANTAR

1) _____ 2) _____ 3) _____	1) _____ 2) _____ 3) _____
----------------------------------	----------------------------------

4) LATÊNCIA (VAI)

_____ T#1 _____

_____ T#2 _____

_____ T#3 _____

_____ T#4 _____

5) CONTROLE POSTURAL (Sala M.)

Sem movimento: (30s)

Semi-tandem: T#1 _____ VISÃO: _____

Semi-tandem: T#2 _____ VISÃO: _____

Bipodal: T#1 _____ VISÃO: _____

Bipodal: T#2 _____ VISÃO: _____

Espuma: T# 1 _____ VISÃO: _____

Espuma: T#2 _____ VISÃO: _____

Contínuo (PMV06) (60 s)

PMV06 T#1 _____

PVM06 T#2 _____

Periódico (DTP) e Não-periódico (DTNP) (60 s)

_____ T#1 _____

_____ T#2 _____

_____ T#3 _____

_____ T#4 _____

Discreto(CPN) (16 s)

CPN T#1 _____

CPN T#2 _____

ANEXO 5- QUESTIONÁRIO BAECKE MODIFICADO PARA IDOSOS.

Questionário de Baecke (idosos)

Nome:

Data:

I. Atividades da vida diária

1. Você realiza algum trabalho doméstico em sua casa?
 0. Nunca (menos de uma vez por mês)
 1. Às vezes (somente quando um parceiro ou ajuda não está disponível)
 2. Quase sempre (às vezes com ajudante)
 3. Sempre (sozinho ou junto com alguém)

2. Você realiza algum trabalho doméstico pesado (lavar pisos e janelas, carregar lixo, etc.)?
 0. Nunca (menos que 1 vez por mês)
 1. Às vezes (somente quando um ajudante não está disponível)
 2. Quase sempre (às vezes com ajuda)
 3. Sempre (sozinho ou com ajuda)

3. Para quantas pessoas você faz tarefas domésticas em sua casa? (incluindo você mesmo, preencher 0 se você respondeu nunca nas questões 1 e 2)

4. 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 cômodos
 3. 10 ou mais cômodos

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

6. Você prepara refeições quentes para si mesmo, ou você ajuda a preparar?
 0. Nunca
 1. Às vezes (1 ou 2 vezes por semana)
 2. Quase sempre (3 a 5 vezes por semana)
 3. Sempre (mais de 5 vezes por semana)

7. 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

8. 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

9. Com que frequência você faz compras?
 0. Nunca ou menos de uma vez por semana (algumas semanas no mês)

1. Uma vez por semana
 2. Duas a 4 vezes por semana
 3. Todos os dias
10. Se você vai para as compras, que tipo de transporte você utiliza?
0. Eu nunca saio
 1. Carro
 2. Transporte público
 3. Bicicleta
 4. Caminhando

II. Atividades esportivas

Você pratica algum esporte?

Esporte 1:

Nome: _____

Intensidade: _____

Horas por semana: _____

Quantos meses por ano: _____

Esporte 2:

Nome: _____

Intensidade: _____

Horas por semana: _____

Quantos meses por ano: _____

III. Atividades de lazer

Você tem alguma atividade de lazer?

Atividade 1:

Nome: _____

Intensidade: _____

Horas por semana: _____

Quantos meses por ano: _____

Atividade 2:

Nome: _____

Intensidade: _____

Horas por semana: _____

Quantos meses por ano: _____

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)