UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE PSICOLOGIA
ALEXANDRA MODENESI LOBO

**Efeitos de um treino em ambiente virtual sobre o desempenho da marcha e
funções cognitivas em idosos saudáveis**

SÃO PAULO

2013

ALEXANDRA MODENESI LOBO

**Efeitos de um treino em ambiente virtual sobre o desempenho da marcha e
funções cognitivas em idosos saudáveis**

(Versão Corrigida)

*Dissertação apresentada ao Instituto de
Psicologia da Universidade de São Paulo como
parte dos requisitos para obtenção de título de
Mestre.*

Área de concentração: Neurociências e
Comportamento

Orientador: Prof. Dra Maria Elisa Pimentel
Piemonte.

SÃO PAULO

2013

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES
TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA
FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação
Biblioteca Dante Moreira Leite
Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo

Lobo, Alexandra Modenesi.

Efeitos de um treino em ambiente virtual sobre o desempenho da
marcha e funções cognitivas em idosos saudáveis / Alexandra
Modenesi Lobo; orientadora Maria Elisa Pimentel Piemonte. -- São
Paulo, 2013.

112 f.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em
Psicologia. Área de Concentração: Neurociências e Comportamento) –
Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo.

1. Idosos 2. Realidade Virtual 3. Marcha 4. Função executiva I.
Título.

BF724.8

Nome: Alexandra Modenesi Lobo

Título: Efeitos de um treino em ambiente virtual sobre o desempenho da marcha e funções cognitivas em idosos saudáveis.

Dissertação apresentada ao Instituto de Psicologia
da Universidade de São Paulo para a obtenção do
título de mestre em Psicologia.

Aprovada em: ____/____/____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Cristina, minha irmã Fabíola e meus sobrinhos Davi e Yasmin, por serem meu alicerce;

Ao meu noivo Felipe, por sempre estar ao meu lado e proporcionar a estrutura psicológica e emocional, sem a qual teria sido impossível a conclusão deste estudo;

À Prof. Dra. Maria Elisa Pimentel Piemonte, primeiramente por ter confiado em minha competência e também pela paciência e incentivo durante toda a orientação deste estudo;

Ao Prof. Dr Felipe Augusto dos Santos Mendes, minha gratidão por ter acreditado no meu potencial e me introduzido no mundo acadêmico;

À amiga Keyte Guedes Silva, por ter compartilhado as dificuldades e sucessos deste trabalho;

Aos colegas José Eduardo Pompeu, Andrea Peterson Zomignani, Tatiana de Paula Oliveira e a todos os que, de alguma forma, colaboraram para o resultado final deste estudo.

EPIÍGRAFE

*“A mente que se abre a uma nova idéia jamais
voltará ao seu tamanho original.”*

(Albert Einstein)

RESUMO

LOBO, AM: Efeitos de um treino em ambiente virtual sobre o desempenho da marcha e funções cognitivas em idosos saudáveis. São Paulo, 2013. Dissertação (Mestrado). Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo.

O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos de dois tipos de programas de treinamento do equilíbrio e marcha, um baseado no *Nintendo Wii Fit*® e o outro baseado em exercícios convencionais sem a utilização do videogame, na eficiência da marcha, funções cognitivas e funcionalidade de idosos saudáveis. Trata-se de um ensaio clínico, cego e randomizado realizado no Departamento de Fonoaudiologia, Fisioterapia e Terapia Ocupacional no Laboratório de Aprendizagem Sensorio-Motora (LASM) da Universidade de São Paulo. Participaram do estudo 32 idosos saudáveis que foram randomizados em grupo experimental (n=16) e grupo controle (n=16). Ambos os grupos realizaram 14 sessões individuais de treinamento, duas vezes na semana por sete semanas. As sessões eram divididas em duas partes: a primeira parte era composta de 30 minutos de exercícios globais que incluíam alongamento e fortalecimento muscular além de mobilidade axial; a segunda parte era composta de 30 minutos de exercícios de equilíbrio e marcha. O grupo experimental realizou os exercícios de equilíbrio e marcha por meio de 10 jogos do videogame *Nintendo Wii Fit*®, que promoviam a estimulação cognitiva e motora por meio da realimentação visual e auditiva. Já o grupo controle realizou os exercícios sem nenhuma estimulação cognitiva associada. As principais medidas do estudo foram: (1) *Functional Gait Assessment* (FGA); (2) *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA); (3) Índice do Andar Dinâmico (IAD); (4) *Falls Efficacy Scale* (FES-I); (5) Teste da marcha de 30 segundos em condição de simples tarefa e dupla tarefa. A análise estatística foi realizada por meio da ANOVA de medidas repetidas e pós hoc teste de Tukey para a verificação de possíveis diferenças entre grupos e avaliações, que foram realizadas antes, depois e após 60 dias do término do treinamento. Apenas o grupo experimental apresentou melhora na FGA, MoCA, IAD, FES-I e Teste da marcha 30 segundos em simples e dupla tarefa. Concluiu-se que o treino de equilíbrio e marcha associado ao *Nintendo Wii Fit*® mostrou-se mais eficiente na melhora da eficiência da marcha, das funções cognitivas e da funcionalidade de idosos saudáveis em comparação ao treinamento convencional.

Palavras chave: Idosos; realidade virtual; marcha, funções cognitivas.

ABSTRACT

LOBO, AM: Effects of a training in virtual environment about gait performance and cognitive functions in healthy elderly. Sao Paulo, 2013. Master's Dissertation. Institute of Psychology, University of São Paulo.

The aim of this study was to compare the effects of two types of balance and gait training programs, one based on Nintendo Wii Fit® and the other based on conventional exercises without the use of video games, in the gait efficiency, cognitive functions and functionality in healthy elderly. This is a blind and randomized clinical trial, conducted at the Department of Speech-Language Pathology, Physiotherapy and Occupational Therapy at the Laboratory for Sensory-Motor Learning (LASM) at the University of São Paulo. The study included 32 healthy elderly individuals who were randomized into an experimental group (n = 16) and control group (n = 16). Both groups underwent 14 sessions of individual training, twice a week for seven weeks. The sessions were divided into two parts: the first part consisted of 30-minute global exercise that included stretching and muscular strengthening exercises as well as axial mobility; the second part consisted of 30 minutes of balance and gait exercises. The experimental group performed balance and gait exercises through 10 Nintendo Wii Fit® video games, which promoted cognitive and motor stimulation through visual and auditory feedback. The control group performed the exercises without any cognitive stimulation associated. The main measures of the study were: (1) Functional Gait Assessment (FGA), (2) Montreal Cognitive Assessment (MoCA), (3) Dynamic Gait Index (DGI), (4) Falls Efficacy Scale (FES-I); (5) 30-second gait test in simple and dual-task condition. Statistical analysis was performed by repeated measures ANOVA and post hoc Tukey test to check for possible differences among groups and evaluations, which were performed before, after and 60 days after the end of the training. Only the experimental group showed improvement in FGA, MoCA, DGI, FES-I and 30-second gait test in simple and dual-task. It was concluded that balance and gait training associated with Nintendo Wii Fit® was more efficient in improving the gait efficiency, cognitive function and functionality of healthy elderly compared to conventional training.

Keywords: Elderly; virtual reality; gait, cognitive functions.

LISTA DE ABREVIACÕES

GCP	Geradores Centrais de Padrão
FE	Funções Executivas
DT	Dupla Tarefa
MT	Multi Tarefas
ST	Simples Tarefa
AVD's	Atividades de Vida Diária
MEEM	Mini Exame do Estado Mental
TUG	<i>Timed Up and Go Test</i>
IAD	Índice do Andar Dinâmico
FGA	<i>Functional Gait Assessment</i>
EEB	Escala de Equilíbrio de Berg
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
LASM	Laboratório de Aprendizagem Sensoriomotora
GDS-15	Escala de Depressão Geriátrica versão 15
AV1	Avaliação antes do treino
AV2	Avaliação depois do treino
AV3	Avaliação 60 dias após o término do treino
FES-I	Escala de Eficácia de Quedas Internacional
MoCA	<i>Montreal Cognitive Assessment</i>

LISTA DE TABELAS

Tabela-1 - Funções executivas e possíveis efeitos nos distúrbios da marcha.	17
Tabela 2 - Teorias do envelhecimento de Arking.	20
Tabela 3 - Artigos selecionados pela pesquisa.....	28
Tabela 4 - Sequência I dos exercícios globais.....	52
Tabela 5 - Sequência II dos exercícios globais.	53
Tabela 6 - Sequência III dos exercícios globais.	54
Tabela 7 - Sequência IV dos exercícios globais.....	55
Tabela 8 - Demandas motoras e cognitivas dos jogos da sessão ímpar	61
Tabela 9 - Demandas motoras e cognitivas dos jogos da sessão par.....	63
Tabela 10 - Demandas motoras do treinamento baseado nos jogos da sessão ímpar.....	64
Tabela 11 - Demandas motoras do treinamento baseado nos jogos da sessão par.....	66
Tabela 12 - Perfil dos indivíduos participantes do estudo.....	68
Tabela 13 - Desempenho dos idosos nos jogos de realidade virtual	70
Tabela 14 - Resultados das medidas primárias.	72
Tabela 15 - Resultados das medidas secundárias.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Subsistemas envolvidos no controle da locomoção com propósito.....	15
Figura 2: Fotografia do projetor da marca Sony®.	43
Figura 3: Fotografia do <i>Nintendo Wii Console</i> ®.	43
Figura 4: Fotografia do jogo <i>Nintendo Wii Fit Plus</i> ®.....	43
Figura 5: Fotografia do controle <i>Wii Remote</i> ® e controle <i>Wii Nunchuk</i> ®.....	44
Figura 6: Fotografia da plataforma para registro da oscilação postural <i>Balance Board</i> ®	44
Figura 7: Fotografia do <i>Dynadisc</i> ®.....	45
Figura 8: Fotografia da prancha de equilíbrio.	45
Figura 9: Fotografia do <i>step</i>	46
Figura 10: Fotografia do bastão	46
Figura 11: Fotografia do cronômetro.	46
Figura 12: Fluxograma do estudo.....	47
Figura 13: Imagem de uma sessão do treino de equilíbrio no <i>Nintendo Wii Fit</i> ®	56
Figura 14: Avaliação da marcha <i>Functional Gait Assessment</i> (FGA).	73
Figura 15: Avaliação das funções cognitivas <i>Motreal Cognitive Assessment</i> (MoCA)	74
Figura 16: Avaliação da marcha Índice do Andar Dinâmico (IAD)	77
Figura 17: Avaliação da funcionalidade Escala Internacional de Eficácia de Quedas (FES-I)	78
Figura 18: Avaliação do desempenho da marcha em simples tarefa.....	79
Figura 19: Avaliação do desempenho da marcha em dupla tarefa.....	80

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Controle da marcha em humanos	13
1.2. Alterações da marcha em idosos	20
1.3. Evidências sobre a associação de alterações cognitivas e da marcha nos idosos.....	23
1.4. Treinamento da marcha em idosos.....	26
1.5. O videogame como uma ferramenta para o treino motor e cognitivo	32
2. OBJETIVO.....	39
2.1. Objetivo Geral	39
2.2. Objetivos secundários	39
3. HIPÓTESES.....	39
4. CASUÍSTICA E MÉTODOS.....	40
4.1. Tipo de estudo	40
4.2. Amostra	40
4.3. Critérios de seleção dos participantes	40
4.4. Local da pesquisa	42
4.5. Materiais.....	42
4.6. Procedimento da pesquisa	46
4.7. Intervenção.....	51
4.8. Treino Global	51
4.9. Treinamento de equilíbrio do grupo experimental	56
4.10. Treinamento de equilíbrio do grupo controle.....	64
5. ANÁLISE DOS DADOS	67
6. RESULTADOS.....	68
6.1. Desempenho nos jogos do <i>Nintendo Wii Fit</i> ®.....	69
6.2. Medidas primárias.....	71
6.3. Medidas secundárias	75
7. DISCUSSÃO.....	81
7.1. Melhora do desempenho na marcha de idosos por meio do treino associado a jogos	81
7.2. Melhora das funções cognitivas de idosos por meio do treino associado a jogos virtuais....	83
7.3. Superioridade do treino associado a jogos virtuais em comparação ao treino convencional	85
8. CONCLUSÃO	90
REFERÊNCIAS	91
ANEXOS.....	100

1. INTRODUÇÃO

A eficiência para a locomoção é um dos principais pilares da independência para as atividades de vida diária em humanos. A marcha, principal forma de locomoção do homem, se modifica com os ciclos de vida, atingindo sua eficiência máxima no final da infância e um declínio progressivo com o envelhecimento. Sabe-se atualmente que esse declínio é decorrente não só de alterações nas funções motoras e sensoriais, mas também das funções cognitivas que acarreta em redução na velocidade e na capacidade de adaptação da marcha, o que torna o idoso mais suscetível a quedas. As quedas, além das consequências físicas, trazem também consequências psíquicas como o medo de cair, o que pode se tornar um importante fator limitador da independência do idoso. Embora vários estudos venham mostrando efeitos positivos do treino físico sobre as alterações de marcha e do treino cognitivo sobre as funções mentais de idosos, poucos estudos tem investigado os efeitos de treinos que associam atividades motoras e cognitivas sobre a eficiência da marcha. Assim, é necessário que novas formas de treino que proporcionem estimulação motora e cognitiva sejam investigadas.

1.1. Controle da marcha em humanos

A marcha pode ser definida como a capacidade do indivíduo em se mover de forma independente e segura de um lugar para o outro. Pode ser dividida em fase de apoio e de balanço, englobando habilidades biomecânicas como tríplex flexão dos membros inferiores, transferência de peso de um membro para o outro e apoio unipodal, além do contínuo deslocamento anterior do centro de massa e impulsão do corpo para frente (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003; LACQUANITI; IVANENKO; ZAGO, 2012).

Durante muito tempo, a marcha era vista como uma atividade motora rítmica, automática e inata, realizada basicamente pelos membros inferiores, independente de qualquer função cognitiva. O aumento das evidências sobre a interferência de funções cognitivas no desempenho da marcha, seja por meio dos estudos sobre marcha em condições de divisão de atenção (HAUSDORFF et al., 2008), ou por associação entre o declínio de funções cognitivas e alterações de marcha (BLE et al., 2005; VERGHESE et al., 2007; SPECIALI et al., 2013) leva a acreditar que a marcha é uma tarefa tão complexa que depende de uma interação simultânea entre sistema motor, controle sensorial e funções cognitivas (JAHN; ZWERGAL;

SHINIEPP , 2010). Portanto, o controle neural da marcha depende da integração de áreas corticais, subcorticais e medulares (YOGEV-SELIGMANN; HAUSDORFF; GILADI, 2008).

Em nível medular, circuitos neuronais chamados Geradores Centrais de Padrão (GCP), compostos por interneurônios localizadas na medula-espinhal, permitiriam a geração automática e rítmica de padrões de atividade nos membros inferiores, o que desencadearia a sequencia de passos (DIETZ, 2003).

Em nível subcortical, encontram-se regiões denominadas *regiões locomotoras* mesopontinas e diencefálicas, que por meio de neurônios reticuloespinhais regulam a atividade dos GCP's. (GRILLNER et al., 2008). As vias reticuloespinhais também contribuem para o controle postural, que é fundamental para a locomoção, integrando o controle da propulsão e orientação corporal. Os sinais para propulsão das regiões de comando locomotoras ativam os neurônios reticuloespinhais e os sinais vestibulares, que fornecem informação da orientação e movimentos da cabeça, por sua vez modulam essa ativação descendente (GRILLNER et al., 2008). Os núcleos da base exercem papel importante neste mecanismo, determinando qual programa motor deve ativar estas regiões locomotoras (GRILLNER et al., 2005).

O córtex motor e o trato corticoespinal mostram-se muito importantes nos ajustes de direção e padrão da marcha (BARTHELEMY et al., 2010). Aparentemente, os comandos corticais de locomoção se originam no córtex motor suplementar e são transmitidos pelos núcleos da base (principalmente núcleo caudado) para os centros locomotores no tronco encefálico. Além disso, os *inputs* somatossensoriais para o córtex tem o papel de adaptar a atividade locomotora para a colocação precisa do pé em cada ciclo do passo (ZWERGAL et al., 2012)

Figura 1: Subsistemas envolvidos no controle da locomoção com propósito. Seleção de programa motor é realizada pelos núcleos da base, o qual recebe inputs do córtex e do tálamo. O output dos núcleos da base (globo pálido) regula comandos centrais nas regiões locomotoras diencefálicas (DLR) e mesencefálicas (MLR) durante o repouso. Por meio da regulação dos núcleos da base, o GCP pode ser ativado pelos neurônios reticuloespinhais. No tronco encefálico, informações visuais, vestibulares e proprioceptivas são integradas para o controle da postura e direção. Em todos os vertebrados, os GCP's são modulados por realimentação sensorial (GRILLNER et al., 2008).

O controle da marcha em todos os níveis do sistema nervoso depende fortemente das informações sensoriais visuais, vestibulares e proprioceptivas, as quais permitem o seu controle antecipatório¹ e adaptativo² (WUEHR et al., 2013).

O sistema visual é o único que fornece informação referente às características estáticas e dinâmicas do ambiente próximo e distante em que o indivíduo se move, permitindo que o indivíduo interprete e se antecipe a uma potencial perturbação (PATLA, 1997). A visão fornece informações sobre a localização e distância de objetos no ambiente, o tipo de superfície onde o indivíduo está inserido e a posição dos segmentos corporais um em relação ao outro (JUNIOR; HECKMAN, 2006). O sistema vestibular também exerce forte contribuição para a marcha. Ele fornece ao sistema nervoso central informações sobre a posição e os movimentos cefálicos em relação à gravidade e à inércia (referência *gravitoínerte* para o controle postural) (PETERKA, 2002). Isso é possível graças a dois tipos de receptores

¹ Referente a ajustes posturais que ocorrem antes do início de uma perturbação do equilíbrio em resultado a um movimento (MASSION et al., 1992).

² Referente a ajustes posturais, dependentes da realimentação sensorial, que ocorrem após uma perturbação do equilíbrio (ALEXANDROV et al., 2005).

vestibulares: os canais semicirculares e os otólitos, sensíveis a aceleração angular e à posição e aceleração linear da cabeça, respectivamente (SHUMWAY-COOK; WOOLACOTT, 2003).

Já o sistema proprioceptivo é responsável pela interpretação da posição dos segmentos corporais em relação ao espaço, aos próprios segmentos e em relação à base de sustentação (PETERKA, 2002; SHUMWAY-COOK; WOOLACOTT, 2003). Ele se baseia em informações provenientes dos fusos-neuromusculares, órgãos tendinosos de Golgi, receptores articulares e cutâneos, entre outros, para fornecer informações referentes à velocidade e posição dos segmentos corporais (em relação aos outros segmentos e ao ambiente), comprimento muscular, contato com objetos externos e angulação articular (JUNIOR; BARELA, 2006).

Assim, podemos afirmar que a marcha é caracterizada por uma atividade dinâmica altamente dependente do controle postural, que depende da integração de diferentes informações sensoriais e centros motores controladores presentes em diferentes níveis do sistema nervoso.

Atualmente, as influências das funções cognitivas no andar e a interação entre o controle motor e o comportamento passaram a ser cada vez mais valorizadas.

As Funções Executivas (FE) compreendem uma variedade de processos cognitivos que utilizam e modificam informações originadas em sistemas corticais e sensoriais nas regiões anterior e posterior cerebral, que têm como finalidade modular e produzir comportamentos. Há grandes evidências de que indivíduos que apresentam alterações nas funções executivas apresentam também alterações na marcha (YOGEV- SELIGMANN; HAUSDORFF; GILADI, 2008).

De acordo com os mesmos autores, as FE podem ser divididas em seis categorias. A descrição de cada uma delas e as possíveis contribuições para marcha, quando estas estão comprometidas, podem ser observadas na Tabela 1:

Tabela-1 - Funções executivas e possíveis efeitos nos distúrbios da marcha, ambos descritos por Yogev-Seligmann, Hausdorff e Giladi (2008).

Função Executiva	Descrição	Efeito na marcha quando este componente Está comprometido
<i>Volição</i>	Capacidade para um comportamento intencional por meio da formulação de um direcionamento ou intenção de iniciar uma atividade.	Perda da mobilidade e motivação reduzida. Diminuição da unidade interna para se mover. Muitas vezes confundida com bradicinesia.
<i>Autoconsciência</i>	Habilidade de se colocar (psicologicamente e fisicamente) no ambiente físico bem como numa situação em curso.	Marcha excessivamente cuidadosa. A estimativa pobre ou imprecisa das próprias limitações físicas podem levar a avaliação inadequada dos riscos ambientais e aumentar o risco de queda.
<i>Planejamento</i>	Identificação e organização dos passos e elementos necessários para uma intenção.	Diminuição de habilidades como a tomada de decisão enquanto anda em um ambiente complexo. Pode acarretar na ineficiência, falhas e aumentar o risco enquanto anda. O indivíduo “perde o jeito” e desperdiça tempo e esforço para chegar ao destino desejado.
<i>Inibição de resposta</i>	Permite ignorar estímulos irrelevantes, superar reflexos primários além de filtrar distrações, com a finalidade de resolver problemas e responder discriminativamente a recursos importantes do ambiente. Capacidade intimamente relacionada à atenção seletiva.	Diminuição da capacidade de se concentrar na marcha em ambientes complexos e cotidianos.
<i>Monitoramento da resposta</i>	Capacidade de comparar a ação em curso com o planejamento dessa ação, a fim de detectar possíveis erros na execução.	Diminuição das respostas posturais automáticas que culminam no aumento do risco de cair.
<i>Atenção e Dupla Tarefa</i>	Habilidade de distribuir a atenção de forma apropriada entre tarefas realizadas simultaneamente.	Diminuição da velocidade e aumento da variabilidade da marcha.

Dentre as funções executivas que interferem na marcha a mais estudada, sem dúvida, é a atenção. A influência da atenção na marcha pode ser efetivamente avaliada utilizando a divisão da atenção, exigindo do indivíduo realizar uma segunda tarefa com demanda cognitiva enquanto anda. No cotidiano, esta é uma atividade mais que natural, já que juntamente a marcha, os indivíduos normalmente costumam realizar outros tipos de tarefas, dividindo a atenção entre a atividade (marcha) e situações concorrentes (ex. conversar, procurar algo na bolsa) (KEMPER et al., 2010). Tais condições, em que se realizam duas ou mais tarefas simultaneamente são chamadas de dupla-tarefa (DT) ou multi-tarefa (MT), respectivamente.

A dupla tarefa é amplamente estudada há mais de 100 anos e altamente realizada nas Atividades de Vida Diária (AVD's) (PASHLER, 1994). É também utilizada para investigar o efeito de uma tarefa cognitiva sobre o controle postural, assim como o efeito de uma tarefa postural sobre a função cognitiva (SILSUPADOL et al., 2006). A dupla-tarefa requer que o indivíduo divida sua atenção, o que pode interferir diretamente no controle do equilíbrio e, conseqüentemente, na marcha (WOOLACOTT; SHUMWAY-COOK, 2002), pois assim há a redução de recursos atentos disponíveis para o controle do equilíbrio (GAGE et al., 2003).

A quantidade de interferência criada em uma tarefa reflete o nível de atenção necessária para executá-la, devido à competição de recursos de processamento de informação no sistema nervoso central (VOOS et al., 2012). Essa competição parece existir mesmo quando uma das tarefas é controlada de forma predominantemente automática como a marcha. Beauchet et al. (2012) observou que uma segunda tarefa de contar para trás realizada concomitantemente à marcha é capaz de diminuir a velocidade dos passos e aumentar o coeficiente de variação do tempo do passo mesmo em jovens saudáveis.

Uma meta-análise de Al-Yahya et al. (2011), realizada com 66 estudos sobre a influência da dupla tarefa na marcha de sujeitos saudáveis e com distúrbios do equilíbrio, revelou que mesmo os sujeitos saudáveis, sem distúrbios de equilíbrio detectáveis, apresentam diminuição significativa da velocidade da marcha quando esta é realizada em condição de dupla tarefa. A diferença média era maior para tarefas de fluência verbal (-0.12 m/s, $p > 0,00001$) e menor, porém ainda significativa, para discriminação e tomada de decisão (-0,02m/s, $p = 0,04$)

O gerenciamento paralelo de duas tarefas parece depender de padrões de atividade neural diferenciados em diferentes níveis do sistema nervoso. Wu et al. (2012) em um estudo com imageamento cerebral durante uma DT, mostrou que as áreas ativadas durante a execução de duas tarefas simultâneas (uma tarefa motora de movimentos sequenciais e uma tarefa cognitiva) são mais amplas do que a somatória das áreas ativadas quando cada uma

dessas tarefas é executada de forma isolada. Essa ativação adicional se localiza fundamentalmente no cerebelo e na área cortical do pré-cúneo. Segundo os autores, a atividade adicional do cerebelo estaria associada à intensificação do processamento sensorial decorrente da operação de duas tarefas simultâneas. Essa atividade adicional do cerebelo se reduz progressivamente com o treinamento das tarefas, o que permitiria um controle mais antecipatório e menos dependente de alças fechadas de realimentação para a correção de erros. Já a atividade adicional do pré-cúneo, a qual não se reduz com o treinamento, estaria associada ao paralelo gerenciamento dos recursos neurais para o processamento simultâneo de duas tarefas.

Alterações também têm sido encontradas em níveis segmentar. Weaver et al. (2012) avaliou a excitabilidade espinal por meio do reflexo de Hoffman (reflexo H) enquanto os sujeitos realizavam uma tarefa cognitiva (tempo de reação em apertar um botão em resposta a um sinal sonoro) enquanto mantinham duas posturas distintas, deitada e em pé. Os autores observaram que a amplitude do reflexo H foi reduzida quando os indivíduos realizavam uma tarefa cognitiva associada à postura. O reflexo H diminuído indica a depressão da excitabilidade espinal, e quando presente em condição de dupla tarefa, sugere uma estratégia neural reflexa que os indivíduos adotam para manter a estabilidade postural quando os recursos cognitivos estão divididos entre duas tarefas concorrentes.

O desempenho da marcha em condições de dupla tarefa pode ser avaliado por meio de diversos instrumentos e, frequentemente, é descrita em relação aos parâmetros têmporo-espaciais definidos como: comprimento do passo (distância entre o toque do calcanhar de um pé e o toque do calcanhar do outro pé); frequência do passo ou cadência (comprimento do passo largo e velocidade); e comprimento do passo largo (distância entre dois passos, compreendendo a distância entre o contato inicial com o chão de um calcanhar e o próximo contato inicial com o chão do mesmo calcanhar). Entretanto, a variável utilizada na maioria dos estudos que investigaram a marcha em dupla tarefa foi a velocidade, definida como a velocidade horizontal média do corpo durante o deslocamento. Clinicamente pode ser descrita em termos não métricos, sendo possível defini-la em relação à distância ou ao tempo (SHUMWAY-COOK; WOOLACOTT, 2003).

Na meta-análise realizada por Al-Yahya et al. (2011), os autores identificaram cinco tipos de medidas sensíveis para avaliação da marcha em dupla tarefa. Tais medidas foram: velocidade, (presente em 59 estudos dos 66 analisados), cadência (19 estudos), comprimento do passo (19 estudos), tempo da passada (18 estudos) e variabilidade do tempo do passo (17

estudos). Como observado, mais de 80% dos estudos utilizaram a velocidade como medida para avaliar a eficiência da marcha.

Em síntese, as recentes evidências sobre a associação entre alterações cognitivas e marcha e a interferência de tarefas cognitivas no desempenho da marcha confirmam a importante contribuição de funções cognitivas para o controle da marcha.

1.2. Alterações da marcha em idosos

Define-se como expectativa de vida o número de anos que, em média, uma pessoa tem de probabilidade de viver se submetido, desde o nascimento, às taxas de mortalidade observadas no momento. O envelhecimento populacional é um fenômeno que acontece em escala mundial e que apresenta importantes consequências sociais e econômicas em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Dados do CENSO demográfico de 2010 mostram o alargamento da pirâmide etária brasileira, observado pelo crescimento da participação relativa da população idosa, que antes era 4,8% em 1991, passando a 5,9% em 2000 e chegando a 7,4 em 2010.

Arking (1998) sugeriu uma classificação de teorias para explicar o fenômeno do envelhecimento biológico. Nesta classificação, considera-se qual o nível estrutural das modificações causadas pelo processo de envelhecimento (do intracelular ao sistêmico) e se estas modificações acontecem acidentalmente (teorias estocásticas) ou como resultados de cascatas de retroalimentação hierárquicas características das espécies (teorias sistêmicas). Assim, uma teoria pode ser simultaneamente intracelular e estocástica, ou intercelular e sistêmica, e vice-versa. A Tabela-2 resume cada uma das teorias sugeridas por Arking.

Tabela 2 - Teorias do envelhecimento de Arking (JECKEL-NETO; CUNHA, 2006).

Teorias do Envelhecimento de Arking (1998)	
<i>Teorias Estocásticas:</i> Danos moleculares que ocorrem ao acaso	<i>Teorias Sistêmicas:</i> Resultado das cascatas de retroalimentação hierárquicas
<ul style="list-style-type: none"> – <i>Uso e desgaste</i> Acúmulo de agressões do ambiente diminuiria a eficiência do organismo e, por fim, levaria à morte. – <i>Proteínas alteradas</i> Mudanças que ocorrem em moléculas proteicas dependentes do tempo após a tradução provocariam alterações conformacionais e mudariam a atividade enzimática, o que comprometeria a eficiência da célula. 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Metabólicas</i> Alterações da taxa metabólica induzidas por temperatura ou dieta produziram mudanças correspondentes na longevidade – <i>Genéticas</i> Mudanças na expressão gênica causariam modificações senescentes das células

Tabela 2 (cont.) - Teorias do envelhecimento de Arking (JECKEL-NETO; CUNHA, 2006).

<ul style="list-style-type: none"> – <i>Mutações somáticas</i> Acúmulo de mutações somáticas ao longo da vida alteraria a informação genética o que reduziria a eficiência da célula até um nível incompatível com a vida 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Apoptose</i> Morte celular programada de certas células seria induzida por sinais extracelulares
<ul style="list-style-type: none"> – <i>Erro catastrófico</i> Processos incorretos de transcrição e/ou tradução dos ácidos nucleicos 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Fagocitose</i> Células senescentes apresentariam proteínas de membrana típicas, que as identificariam e as marcariam como alvo para destruição por outras células, como os macrófagos
<ul style="list-style-type: none"> – <i>Desdiferenciação</i> Mecanismos errôneos de ativação e repressão gênica fariam a célula sintetizar proteínas desnecessárias 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Neuroendócrinas</i> Falência progressiva de células com funções integradoras específicas levaria ao colapso da homeostasia corporal, à senescência e à morte
<ul style="list-style-type: none"> – <i>Dano oxidativo e radicais livres</i> Acúmulo de radicais livres e a atividade antioxidante estariam relacionados aos danos celulares 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Imunológicas</i> Reduções quantitativas e qualitativas na resposta imune seriam, em parte, direta ou indiretamente devidas à involução inicial e ao envelhecimento do timo
<ul style="list-style-type: none"> – <i>Lipofuscina e o acúmulo de detritos</i> Acúmulo intracelular de produtos do metabolismo que não podem ser destruídos ou eliminados, exceto pela divisão celular 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Hormese e resistência ao estresse</i> Progressiva perda da resistência a agentes estressores exógenos e endógenos
<ul style="list-style-type: none"> – <i>Mudança pós-tradução em proteínas</i> Modificações químicas dependentes do tempo ocorrendo em macromoléculas importantes (ex. colágeno) comprometeriam as funções dos tecidos 	

Distúrbios da marcha e do equilíbrio estão particularmente relacionados ao envelhecimento, pois ambos comprometem a independência e contribuem para o aumento dos riscos de quedas (JAHN; ZWERGAL; SHINIEPP, 2010). O comprometimento da marcha pode ser considerado um fator de risco para quedas (SEGEV-JACUBOVSKI et al., 2011). Segundo Siu et al., (2009) quando o equilíbrio é ameaçado durante a marcha há maior dificuldade para mantê-lo em comparação a uma tarefa estável, pois durante a marcha o centro de massa já está em movimento.

Milat et al. (2011) investigou a prevalência, circunstâncias e consequências de quedas numa população de mais de 5.000 idosos por meio de entrevista por telefone. Os autores reportaram que mais 43% da amostra sofreu uma queda enquanto andava. Para Shobha (2005), que também investigou as causas de mais de 3.500 quedas ocorridas com idosos, as alterações da marcha foram responsáveis por mais de 17% dessas quedas, sendo a segunda maior causa de queda na população estudada

Para Verghese et al. (2009), características como velocidade diminuída da marcha, baixo desempenho durante as fases de balanço e de apoio duplo, bem como na variabilidade do tempo de balanço, estão associadas ao maior risco de quedas nos idosos.

Dentre as alterações sensoriais decorrentes do envelhecimento associadas ao declínio da eficiência da marcha, destaca-se a diminuição do número de células vestibulares (MARIONI et al., 2012) e dos receptores proprioceptivos (SHAFFER; HARRISON, 2007), o que torna os idosos mais dependentes das informações visuais para controlar o equilíbrio durante a marcha. Em uma revisão de literatura desenvolvida por Junior e Barela (2006) pôde-se observar que os idosos mostram-se mais dependentes da visão durante a marcha do que indivíduos jovens. Os autores sugerem que isso se dá pelos déficits instalados em outros sistemas sensoriais, o que acaba sobrecarregando a visão desses sujeitos. Por essa razão, os idosos tornam-se mais instáveis e oscilam mais quando submetidos à manipulação dos estímulos visuais.

Além disso, a redução das informações sensoriais periféricas associadas ao envelhecimento levariam a um aumento na atividade de áreas corticais multissensoriais em idosos. Em estudo de Zwergal et al. (2012) jovens e idosos foram submetidos ao imageamento funcional cerebral por meio de Ressonância Magnética durante a marcha realizada de forma imagética. Os resultados mostraram que além do córtex pré-motor, núcleos da base, linha média do cerebelo e tegmento pontomesencefálico, houve aumento da ativação dos córtices vestibular, visual e somatossensorial durante a realização da marcha imagética restrita aos idosos. Os autores sugerem que nos idosos há uma redução da inibição recíproca sensorial durante atividades multissensoriais, o que permaneceu intacta nos jovens avaliados.

Dentre as alterações motoras, a redução da força e principalmente da potência muscular devido à sarcopenia são as causas mais associadas à redução da velocidade da marcha (LANDI et al., 2012). De acordo com os mesmos autores, mais de 60% da população idosa apresenta diminuição do tecido muscular, o que está diretamente relacionada com o maior risco de quedas.

Salzman (2010), em um estudo que comparou o desempenho na marcha de idosos e jovens saudáveis, sugeriu que as alterações da marcha mais frequentes nos idosos (diminuição da velocidade e do comprimento do passo, aumento da base de sustentação, aumento da fase de apoio duplo, inclinação anterior do tronco e diminuição da força de impulsão) são decorrentes de adaptações às alterações nos sistemas sensorial e motor causadas pelo envelhecimento, com o propósito de produzir um padrão de marcha mais seguro e estável, evitando-se as quedas. De acordo com Laessoe et al. (2008), em jovens e indivíduos de meia

idade, a manutenção do controle postural em atividades cotidianas como a marcha não necessita de altas demandas dos recursos atentos. Entretanto, com o declínio dos sistemas sensoriais e motor normais ao processo de envelhecimento, os movimentos passam a ser controlados em um nível mais associativo e cognitivo. Consequentemente, o controle postural dos idosos passa a ser mais vulnerável a distrações cognitivas e à adição de tarefas.

Em síntese, as alterações dos sistemas motores e sensoriais decorrentes do processo de envelhecimento levam a alterações na marcha em idosos, que se torna menos estável e mais suscetível a ocorrência de quedas.

1.3. Evidências sobre a associação de alterações cognitivas e da marcha nos idosos

As estruturas cerebrais passam por mudanças normais ao processo de envelhecimento natural. De acordo com Timo-Iaria (2003), com o envelhecimento há a diminuição da velocidade de transmissão do impulso nervoso, do número de neurônios, bem como, da quantidade de contatos sinápticos. Tal destruição neuronal pode reduzir o volume encefálico total em até 8%. O lobo frontal parece ser mais suscetível a tais mudanças (YOGEV-SELIGMANN; HAUSDORFF; GILADI, 2008), podendo ser reduzido em até 50% (TIMO-IARIA, 2003). Tais mudanças estruturais podem estar associadas às alterações cognitivas presentes nos idosos. Além disso, há evidências de que em idosos os padrões de ativação cerebral se diferem dos padrões dos jovens, levando o idoso a utilizar estratégias para melhor desempenhar tarefas tidas como complexas. Em estudo de Venkatraman et al. (2010), 25 idosos foram submetidos ao imageamento funcional cerebral por meio de Ressonância Magnética enquanto realizavam uma tarefa de substituir símbolos, que exigia coordenação visuomotora, organização perceptiva e atenção seletiva para ignorar informações irrelevantes, e uma tarefa de simples execução. Os autores observaram que para obter um alto desempenho na tarefa complexa os idosos apresentavam altos picos de ativação das regiões pré-frontal bilateral e parietal esquerda posterior, áreas responsáveis, segundo os autores, pelo controle das funções executivas, o que não foi observado quando os mesmos realizavam a outra tarefa.

Estudos recentes tem mostrado a associação entre o declínio cognitivo e alterações de marcha. Em um ensaio de Hausdorff et al. (2005), no qual investigou o nível de automaticidade da marcha dos idosos, os autores correlacionaram o comprometimento cognitivo, mensurado por um clássico instrumento que testa as funções executivas, o *Stroop test*, com alterações da marcha, mensurada pela variabilidade do passo. Os resultados

mostraram que nos idosos a marcha perde ainda mais a automaticidade e se torna uma atividade muito mais complexa do que nos jovens. Corroborando com tais achados, Yogev-Seligmann, Hausdorff e Giladi, (2012) afirma que idosos demandam de mais atenção para desempenhar a marcha pois a deterioração dos sistemas motor e sensorial, bem como dos sistemas corticais, culminam no comprometimento postural e do equilíbrio, exigindo que esses indivíduos prestem mais atenção na postura e na estabilidade.

Ble et al. (2005) em um estudo com o objetivo de investigar a associação entre o desempenho em testes de funções executivas e o desempenho na marcha, avaliaram 926 idosos saudáveis com idade entre 65 e 95 anos por meio do teste de trilhas, um teste que avalia funções executivas, e do desempenho da marcha em duas condições que apresentassem demandas ativas diferentes: um percurso em velocidade normal e outro percurso com obstáculo e velocidade aumentada. Os resultados mostraram que não houve associação entre o desempenho no teste de trilhas e o desempenho na marcha em velocidade normal. No entanto, o desempenho ruim e intermediário no teste de trilhas estava associado à diminuição da velocidade da marcha no percurso com obstáculo.

Dando continuidade ao estudo de Ble et al. (2005) e utilizando a mesma casuística, Coppin et al. (2006) investigou a associação do desempenho no teste de trilhas e o desempenho na marcha sob diferentes condições de dupla tarefa (andar+falar; andar+pegar objeto; andar+carregar um pacote grande em velocidade normal; andar sobre obstáculos; andar com uma roupa pesada em velocidade mais alta). Os resultados mostraram que o baixo desempenho no teste de trilhas estava associado a redução da velocidade da marcha em todas as condições testadas, sendo as mais atingidas as condições andar+carregar pacote grande em velocidade normal e andar sobre obstáculos em velocidade mais alta.

De fato, em idosos, o desempenho da marcha em condição de dupla tarefa parece ser o mais afetado pelas alterações cognitivas. Em estudo de Lamothe et al. (2011), os autores tiveram como objetivo quantificar o efeito do comprometimento de funções cognitivas e da dupla tarefa na estabilidade da marcha em indivíduos idosos. Para isso, vinte e seis idosos (treze com demência e treze sem sinais de demência) foram recrutados e submetidos à avaliação das funções executivas por meio do Mini Exame do Estado Mental (MEEM) e *Seven Minute Screen (SMS)*, ambos testes que avaliam vários aspectos das funções executivas, como orientação e memória, bem como à avaliação da estabilidade da marcha em condição de simples e dupla tarefa. Os resultados mostraram que os idosos que apresentavam maior comprometimento cognitivo também apresentavam maior variabilidade da marcha e

que a dupla tarefa, além de diminuir a velocidade da marcha, também contribuía para a piora dos parâmetros dinâmicos da mesma.

Springer et al. (2006) investigaram a influência da dupla tarefa na marcha de jovens saudáveis, idosos não caidores e idosos caidores. Os autores observaram que a velocidade da marcha diminuiu em condição de dupla tarefa para os três grupos, porém a variabilidade da fase de balanço não mudou para o grupo dos jovens e dos idosos não caidores, enquanto que para o grupo dos idosos caidores esta variabilidade aumentou acentuadamente. Além disso, testes de funções executivas foram aplicados e o mau desempenho dos idosos caidores nestes testes foi correlacionado ao aumento da variabilidade da marcha desses mesmos idosos. Portanto, a dupla tarefa não afetou a variabilidade da marcha de jovens e idosos não caidores. Entretanto, afetou a dos idosos caidores, o que parece ser mediado, em parte, pelo declínio das funções executivas.

Hausdorff et al. (2008) em um estudo com 228 idosos sobre os fatores que contribuem para o declínio da marcha em dupla tarefa, concluíram que mesmo idosos saudáveis, próximos a parâmetros de normalidade em medidas clínicas de equilíbrio, mobilidade e cognição, apresentam alterações no padrão da marcha quando esta é realizada simultaneamente a outra tarefa. Holtzer, Wang, Verghese (2012), observou diminuição da velocidade e da cadência, bem como, aumento do coeficiente de variação do tamanho do passo na marcha realizada simultaneamente a uma tarefa cognitiva (atenção executiva, memória, fluência verbal) também em idosos saudáveis.

Em estudo de Yogev-Seligmann et al. (2010), idosos e jovens realizaram a marcha associada a uma tarefa cognitiva de fluência verbal. Eles foram avaliados em três condições de dupla-tarefa: sem priorizar a marcha ou a tarefa cognitiva; priorizando a tarefa cognitiva; priorizando a marcha. Os autores observaram que: (1) os jovens aumentaram a velocidade da marcha quando esta era priorizada, o que também ocorreu com os idosos, em menor magnitude; (2) apenas nos idosos todas as condições de dupla tarefa produziram aumento na variabilidade da marcha; (3) a velocidade da marcha foi reduzida para os dois grupos quando a tarefa cognitiva era priorizada, no entanto, este efeito foi menos dramático no grupo de idosos. A justificativa dos autores para este último resultado foi a de que nos idosos a habilidade de priorizar uma tarefa cognitiva encontra-se reduzida.

Uma explicação bem difundida para o maior prejuízo da dupla tarefa em idosos é que o controle automático dos movimentos se encontra prejudicado nesses indivíduos, o que implica na permanência de áreas corticais mais amplas ativadas durante a realização de movimentos automáticos, em comparação a jovens (WU et al., 2012). De fato, Ohsugi et al,

(2013), em um estudo que comparou as áreas cerebrais ativadas de jovens e idosos enquanto estes reproduziam uma sequência de passos de forma associada ou não a uma tarefa cognitiva de subtrações, mostrou que os idosos dependem da ativação das áreas corticais mais amplas em comparação a jovens, restrito às condições de dupla tarefa. Assim, o controle da marcha e da postura em idosos se daria de forma menos automática, dependente da atividade de áreas corticais mais amplas. Portanto, a competição por recursos atentos entre as demandas do sistema postural e da tarefa secundária na condição de dupla tarefa, aumentaria o tempo de realização das duas tarefas simultaneamente (BEAUCHET et al., 2005), reduzindo a eficiência do controle da marcha e da postura, o que levaria a um aumento no risco de quedas em idosos (SHUMWAY-COOK et al., 1997a; SHUMWAY-COOK et al., 1997b).

Em síntese, o processo natural de envelhecimento causa mudanças em todos os sistemas corporais, incluindo sistema nervoso central, músculo-esquelético e sensorial, essenciais no desempenho de atividades complexas como a marcha. Além disso, há evidências de comprometimento das funções executivas, mesmo quando em idosos que não apresentem comprometimento cognitivo detectável. Tais mudanças podem acarretar alterações em todos os aspectos da marcha e com isso, o risco de ocorrência de quedas aumenta substancialmente nos idosos. Frente a isso, tem se investido cada vez mais sobre as formas mais eficientes de combater tais alterações.

1.4. Treinamento da marcha em idosos

A fisioterapia pode atuar no tratamento da marcha dos idosos de duas formas: (1) prevenindo a instalação das alterações de marcha que afetem a funcionalidade do idoso; (2) minimizando as alterações já instaladas e prevenindo a instalação de novas alterações. Em ambas, há um enfoque para a melhora do controle postural durante a marcha visando à redução do risco de quedas, uma das maiores complicações das alterações da marcha. Assim, com o objetivo de verificar a eficácia das abordagens de tratamento nesta área, foi realizada uma pesquisa no banco de dados *PubMed* na qual foram utilizados como descritores os termos *gait*, *elderly* e *physiotherapy*. Esta pesquisa foi restrita aos artigos escritos na língua inglesa, publicados nos últimos cinco anos e realizados exclusivamente com idosos saudáveis. Foram encontrados, no total, 62 artigos dos quais foram selecionados somente aqueles que tivessem em seu *design*: (1) estudos controlados; (2) idosos saudáveis acima de 65 anos; (3)

idosos que não apresentavam histórico recorrente de quedas; (4) tratamento fisioterapêutico da marcha com simples ou dupla tarefa.

Após a seleção, restaram 15 artigos que foram subdivididos em intervenção motora e intervenção com dupla tarefa, sendo descritos brevemente na Tabela 3.

Tabela 3 - Artigos selecionados pela pesquisa

Referência	Sujeitos	Medida de avaliação	Intervenção	Resultado
Intervenção motora				
Watt et al. (2012)	N = 74 randomizados em 2 grupos; Média de idade: 77 anos;	Análise da marcha por meio de filmagem	1. Alongamento dos flexores de quadril; 2. Alongamento dos abdutores de ombro; - 2 sessões por semana por 5 semanas	Aumento da velocidade e cadência da marcha e do comprimento do passo para o grupo 1
Martínez-Amat et al. (2012)	N= 44 idosos residentes da comunidade randomizados em 2 grupos Média de idade: 78,7 anos	Índice de Tinetti	1. Exercícios de propriocepção com bola suíça e Bosu; 2. Orientados a não mudarem atividades e medicações; - 2 sessões por semana por 12 semanas	Melhora significativa da eficiência da marcha e diminuição no risco de quedas
Granacher et al. (2012)	N= 28 randomizados em 2 grupos Média de idade: 70,1 anos	GaitRite (velocidade da marcha)	1. Aulas de dança (salsa) 2. Atividades físicas habituais - 2 sessões por semana por 8 semanas	Aumento da velocidade e da largura da passada para o grupo 1
Avelar et al. (2010)	N = 36 randomizados em 3 grupos (1:1:1); Média de idade = 69,3 anos.	IAD, TGT e velocidade da marcha	1. Exercícios aquáticos; 2. Exercícios não aquáticos; 3. Sem intervenção; - 2 sessões por semana, 6 semanas de treinamento.	Melhora do IAD restrita aos dois grupos de intervenção, sem diferença significativa entre os dois grupos
Morie et al. (2010)	N = 82 randomizados em 2 grupos; Idade média: 74,1 anos.	Marcha em 50 metros	1. Atividade física habitual; 2. Atividade física intensificada; - Frequência não especificada.	Velocidade da marcha melhorou apenas para o grupo que intensificou a atividade física
VanSwearingen et al. (2011)	N = 47 randomizados em 2 grupos Média de idade: 77,2 anos Ligeira a moderada dificuldade da mobilidade	GaitMatII (velocidade da marcha) Gait Efficacy Scale (confiança na marcha)	1. Sequência de aprendizado motor da marcha 2. Alongamento+ Fortalecimento + Resistência muscular + Marcha. - 2 sessões por semana por 12 semanas	Velocidade da marcha melhorou mais para o grupo 1; Confiança na marcha melhorou apenas para o grupo 1

Legenda: N: número de sujeitos; IAD (Índice do Andar Dinâmico); TGT (*Tandem Gait Test*).

Tabela 3 (cont.) - Artigos selecionados pela pesquisa

Referência	Sujeitos	Medida de avaliação	Intervenção	Resultado
Intervenção motora				
Trombetti et al. (2011)	N = 134 idosos residentes da comunidade randomizados em 2 grupos; Idade: acima de 65 anos; Estudo autocontrolado.	GaitRite (velocidade da marcha)	1. Multitarefa realizada no ritmo do piano; 2. Grupo controle realizou a tarefa após 6 meses; - 1 hora por semana	Redução na variabilidade do comprimento do passo, melhora nos testes de equilíbrio.
Jacobson et al. (2011)	N = 25 idosos aleatorizados em 2 grupos; Idade média: 82.6 anos.	Equilíbrio: BERG; Step test; Chair Stand test; Marcha: TUG	1. Treino de equilíbrio estático; 2. Programa educacional de prevenção de quedas; - 12 minutos por sessão, 3 vezes por semana durante 12 semanas.	O treino na condição 1 melhorou significativamente em todos os parâmetros avaliados em relação ao 2.
Rodacki et al. (2009)	N = 15 Média de idade = 64,5 anos.	Análise da marcha por meio de filmagem	Alongamento passivo dos músculos flexores e extensores do quadril; - 1 sessão	-Aumento da velocidade da marcha observada pelo aumento do comprimento do passo e melhora da cadência -Redução do tempo em apoio duplo e aumento do balanço
Protas e Tissier (2009)	N= 12 Média de idade: 77,2 anos Idosos com comprometimento funcional, velocidade e resistência da marcha reduzidas	GaitRite (velocidade da marcha) SPPB: Funcionalidade	Fortalecimento muscular e treino da marcha em esteira - 3 sessões por semana por 12 semanas	Melhora da funcionalidade, velocidade da marcha e força muscular
Cristopoliski et al. (2009)	N = 20 randomizados 2 grupos; Média de idade = 65,9anos.	Análise da marcha por meio de filmagem	1. Alongamento dos músculos flexores e extensores do quadril; 2. Nenhuma intervenção; - 3 sessões por semana, 4 semanas de treinamento.	Aumento da velocidade da marcha e do comprimento do passo Diminuição da fase de apoio e aumento da fase de balanço para o grupo 1
Silva et al. (2008)	N = 61 randomizados em 2 grupos; Média de idade: de 60 a 75 anos	TUG (velocidade usual e rápida da marcha)	1. Prática de exercícios globais resistidos com carga progressiva 2. Prática de exercícios globais resistidos sem aumento de carga -3 sessões por semana por 24 semanas	Aumento da velocidade da marcha mais expressivo no grupo 1

Legenda: N: número de sujeitos; SPPB (*Short Physical Performance Battery*), TUG (*Timed Up and Go Test*)

Tabela 3 (cont.) - Artigos selecionados pela pesquisa

Referência	Sujeitos	Medida de avaliação	Intervenção	Controle	Resultado
Intervenção tarefa-dupla					
Halvarsson et al. (2011)	-N = 59 idosos residentes na comunidade;	- Escala de quedas: FES-I - Teste de marcha: GAITRite®	- Treino de equilíbrio em DT, 3 vezes por semana por 3 meses;	- Treino de equilíbrio em condição isolada 3 vezes por semana por 3 meses;	- Grupo experimental: melhora significativa da FES-I e na fase de execução do passo em DT; Melhora na cadência velocidade da marcha e comprimento do passo, condição isolada;
Silsupadol et al. (2009)	-N= 21 idosos com equilíbrio prejudicado; Média de idade: 75 anos;	- Marcha em ST e DT; - Distância percorrida na marcha;	- Treino equilíbrio em DT com prioridade fixada e variável; - 4 semanas, 3 vezes por semana por 45 minutos;	- Treino de equilíbrio; - 4 semanas, 3 vezes por semana por 45 minutos;	- Grupo experimental: -Melhora na marcha e o equilíbrio em ST; - Grupo DT melhora na velocidade da marcha; -Melhora na ABC no controle - Melhora superior no follow-up de 3 meses do treino DT com prioridade variada;
Valliant et al. (2006)	N= 68 idosos randomizados em 2 grupos Média de idade: 73,5 anos	-TUG simples e TUG em dupla tarefa	- Programa de exercícios de equilíbrio, coordenação e marcha em DT - 2 sessões por semana por 6 semanas	Programa de exercícios em ST - 2 sessões por semana por 6 semanas	- Melhora mais expressiva do TUG DT e ST para o grupo experimental

Legenda: N: número de sujeitos; FES-I (*Falls Efficacy Scale*); ST (Simples Tarefa); DT (Dupla Tarefa); TUG (*Timed Up and Go Test*).

Embora por muito tempo as abordagens fisioterapêuticas tenham focado apenas os aspectos motores e sensoriais e apresentado resultados positivos sobre o desempenho da marcha em idosos, atualmente acredita-se que treinamentos que estimulem os aspectos cognitivos como as funções executivas, presentes na marcha na vida cotidiana, devem ser desenvolvidos.

Considerando as inúmeras evidências de que o declínio cognitivo está diretamente associado às alterações da eficiência da marcha (LAMOTH et al., 2011; COPPIN et al., 2006, HAUSDORFF et al., 2005; BLE et al., 2005), Segev-Jacobovski et al. (2011) sugerem que abordagens que visam a melhora cognitiva por si só podem repercutir positivamente nos ganhos da marcha. De fato, Ben-Itzak et al. (2008), que conduziu um estudo controlado e randomizado de intervenção medicamentosa para o tratamento da atenção em vinte e seis idosos que não apresentavam sinais de demência, mostrou que esta abordagem foi capaz de melhorar o tempo do *Timed Up and Go*, a variabilidade da marcha e as funções executivas. Corroborando com este achado, Montero-Odasso et al. (2009), que utilizou a intervenção medicamentosa para funções cognitivas em seis idosos em estágio inicial de demência, também mostrou a melhora da velocidade da marcha e da capacidade de realizar dupla tarefa.

Desta maneira, a melhora da marcha também poderia ser observada em decorrência da melhora cognitiva por meio de treinos estritamente cognitivos. É o que Li et al. (2010) concluiu ao observar a melhora dos tempos de apoio duplo e unipodal na marcha de dez idosos após cinco sessões, de uma hora cada, de exercícios de dupla tarefa computadorizados. Verghese et al. (2010) também observou a melhora da marcha, desta vez por meio do aumento da velocidade, nas condições de simples e dupla tarefa em idosos sedentários após vinte e quatro sessões de treino cognitivo no computador.

Segundo Yogev-Seligmann, Hausdorff e Giladi (2008), o tratamento da capacidade em realizar uma segunda tarefa durante a marcha pode ser muito benéfico. Considerando que os efeitos da dupla tarefa durante as atividades complexas, como a marcha, estão especialmente aumentados (WU et al., 2012), principalmente em indivíduos que apresentam alterações da marcha ocasionadas por déficits motores e/ou cognitivos (YOGEV-SELIGMANN et al., 2010; BLE et al., 2005), é plausível afirmar que o tratamento destinado a reduzir os custos da dupla tarefa durante o andar pode se concentrar em um dos fatores de acometimento. No entanto, melhores resultados podem ser alcançados associando ambos os aspectos deficitários, tanto o cognitivo quanto o motor.

Sob este enfoque, Segev-Jacobovski et al. (2011) após uma revisão sobre as interações entre *alterações cognitivas - marcha - quedas* e o potencial de terapias cognitivas para a

redução do risco de quedas em idosos, afirmaram reconhecer que terapias estritamente cognitivas podem ser suficientes na redução dos riscos de quedas, se este for o seu principal objetivo. No entanto, os autores sugerem que intervenções multifatoriais que visam melhorar os domínios motor, cognitivos e possivelmente comportamental e educativo podem ser abordagens mais completas para maximizar a eficiência do tratamento.

Sendo assim, a realidade virtual (RV) tem sido aplicada na reabilitação por demonstrar vantagens em relação ao tratamento convencional sobre o desempenho motor e cognitivo (CUNNINGHAM; KRISHACK, 1999).

Contudo, muito embora uma quantidade significativa de estudos tenha sido realizada e resultados promissores tenham sido observados, o potencial dos treinos com RV, bem como o impacto sobre a reabilitação, ainda precisam ser explorados (BRUIN; SHIMIDT, 2010).

1.5. O videogame como uma ferramenta para o treino motor e cognitivo

Entende-se como realidade virtual (RV) ou ambiente virtual uma tecnologia de interface avançada entre um usuário e um sistema computacional. É uma tecnologia emergente definida como um simulador bidimensional ou tridimensional que permite interação homem-máquina em tempo real (BISSON et al., 2007). Esta tecnologia é capaz de estimular múltiplas modalidades sensoriais e, assim, criar uma interface onde o indivíduo possa empreender em ambientes virtuais multidimensionais e multissensoriais que se assemelham aos eventos reais (DEUTSCH et al., 2008).

Sendo assim, a RV pode ser considerada intermediária entre a realidade e a tecnologia de informática (DAS et al., 2005).

Do ponto de vista da reabilitação, o objetivo principal da RV é a interação homem-computador, na qual o usuário deixa de ser um expectador das imagens projetadas na tela do computador e passa a ser um participante ativo de um mundo virtual tridimensional. Assim, a interação do indivíduo com o recurso e a enriquecedora experiência proporcionada aos pacientes são as principais características presentes no ambiente virtual a estimular a escolha por esse recurso dos profissionais de reabilitação (ALBANI et al., 2002). Segundo Horlings et al. (2009) o sistema visual exerce forte influência no controle do equilíbrio em um ambiente que possua RV.

A aplicação clínica da RV muitas vezes mostra-se inviável, devido ao alto custo e indisponibilidade comercial da maioria de seus sistemas. No entanto, o baixo custo e a vasta

disponibilidade de produtos como videogames que apresentam o mesmo tipo ou tecnologia similar a presente nos sistemas de RV clássicos, fazem com que estes sejam cada vez mais testados para aplicações terapêuticas (DEUTSCH, et al., 2008)

A RV já é comumente usada na reabilitação de indivíduos (BURDEA, 2003; DEUTSCH, et al., 2008; KLIEM; WIEMEYER, 2008; HORLINGS et al., 2009), no entanto ainda é pouco estudada. Podemos dizer que o ambiente virtual, para esses fins, está em seu primeiro estágio de exploração no que diz respeito à intervenção terapêutica. Contudo, alguns estudos pelo mundo já mostram alguns resultados positivos.

Os benefícios da aplicação de treinos conduzidos a partir da RV são diversos e incluem:

- 1) Promover um realismo que permite ao paciente explorar de forma independente sua autonomia e independência em dirigir sua própria experiência terapêutica (KIZONY et al., 2005);
- 2) Oferecer cenários válidos que provocam movimentos e comportamentos naturais em um ambiente seguro que pode ser moldado e classificado de acordo com a necessidade para o paciente realizar a terapia (KIZONY et al., 2005);
- 3) Aumento da motivação em empreender em ambientes novos que melhora a participação do paciente (HOLDEN et al., 2005);
- 4) Aumento da efetividade motora proporcionada pelos aspectos atentos, contextualização e realimentação visual disponível nos jogos (CUNNINGHAM; KRISHACK, 1999);
- 5) Capacidade de criar um ambiente de exercício no qual a intensidade da prática e a realimentação podem ser manipuladas na tentativa de criar o mais apropriado e individualizado aprendizado motor (MERIANS et al., 2002);
- 6) Realimentação imediata sobre o desempenho e os resultados (MENDES et al., 2012);
- 7) Aperfeiçoamento do controle atento, já que para a resolução dos objetivos dos jogos é necessária a atenção seletiva, dividida e sustentada (BAVELIER et al., 2012);
- 8) Melhorar a resolução temporal e espacial da visão observada, por exemplo, pelo teste de orientação da letra “T” imerso em distratores, além de manter o nível de precisão (GREEN; BAVELIER, 2007);
- 9) Melhorar desempenho cognitivo observado na capacidade de rotação mental (FENG; SPENCE; PRATT, 2007);
- 10) Redução do tempo de reação a estímulos visuais e auditivos sem sacrificar a precisão da tarefa (DYE; GREEN; BAVELIER, 2009);

- 11) Melhora da precisão nas tomadas de decisão perceptuais, ao determinar a orientação de pontos aleatórios inseridos numa tela (BAVELIER et al., 2012);
- 12) Possibilidade de transferência de habilidades treinadas em ambientes enriquecedores para habilidades não treinadas em ambiente real (BAVELIER et al., 2012);

Bavelier et al. (2012) justificou que a grande variedade de benefícios atribuídos a prática do videogame atende ao conceito “aprendendo a aprender”. Este tipo de aprendizado apresenta maior complexidade, diferente dos que são manipulados em laboratórios, e tipicamente correspondem a experiências vividas em tempo real. O mais interessante deste conceito é que o indivíduo desenvolve a capacidade de transferir o progresso conseguido com a prática do jogo para outras habilidades não treinadas.

Nouchi et al. (2012), em um ensaio clínico controlado e randomizado, distribuiu 32 idosos em dois grupos de jogos (*Brain Age e Tetris*) e os treinou por aproximadamente 15 minutos por dia, pelo menos 5 dias da semana no período de 4 semanas. Os resultados mostraram melhora nas funções executivas e velocidade de processamento de respostas para o grupo que treinou o *Brain Age*. Neste caso, houve a transferência de habilidades treinadas no videogame para as funções executivas. Da mesma forma, Peretz et al. (2011) em um ensaio clínico controlado e randomizado comparou os efeitos de uma intervenção computadorizada, cognitiva e personalizada com a prática de jogos de computador em idosos. Os resultados mostraram que os dois grupos foram beneficiados com a prática cognitiva, entretanto o grupo que treinou com programa personalizado mostrou melhora mais consistente de todos os domínios cognitivos avaliados (atenção focada, atenção sustentada, reconhecimento de memória, recuperação de memória, aprendizado visuoespacial, memória operacional visuoespacial, funções executivas e flexibilidade mental), enquanto a melhora do grupo que treinou com jogos se ateve a quatro domínios (atenção focada, atenção sustentada, reconhecimento de memória e flexibilidade mental).

Por outro lado, Ackerman, Kanfer, Calderwood (2010) observou ganhos substanciais no desempenho das tarefas do *Wii Big Brain Academy®* após 20 horas de prática realizada em quatro semanas em relação ao grupo controle, que realizou leitura de artigos de jornais e revistas sobre diferentes assuntos. Apesar dos resultados promissores, os autores revelaram que os idosos não foram capazes de transferir as habilidades treinadas para as funções cognitivas, avaliadas por meio de testes cognitivos e perceptuais antes e após o treinamento.

O vídeo game Nintendo Wii® foi lançado em 2006 pela *Nintendo Corporation*®, e difere-se dos outros videogames pela interface diferenciada com o usuário, que recebe inputs de controles sem fio (*Wii Remote*® e *Wii Balance Board*®).

O *Wii Remote*® é um controle manual, com aproximadamente 200g que contém giroscópios e acelerômetros em estado sólido que, associados a detectores de infravermelhos, permitem que o aparelho possa receber inputs referentes à sua posição e movimento tridimensionalmente (Wii Controllers Nintendo, 2011).

A *Wii Balance Board*® é uma plataforma que contém múltiplos sensores de pressão que fornecem cálculos do centro de equilíbrio do jogador em tempo real (Wii Balance Board Nintendo, 2011). Tal tecnologia permite que por meio de um monitor a que o videogame esteja conectado, o indivíduo tenha a realimentação visual da própria atividade, proporcionando assim uma melhor consciência corporal.

Portanto, pode-se dizer que tanto por meio do *Wii Remote*® quanto por meio do *Wii Balance Board*®, o jogador deve programar e controlar os movimentos corporais com o propósito de resolver tarefas virtuais, realimentadas por informações visuais e auditivas. Assim, o desempenho nos jogos depende da resolução de demandas motoras e cognitivas, o que aumenta a complexidade da tarefa e exige o gerenciamento de recursos atentos entre o controle da postura, movimentos em ambiente real e a resolução da tarefa virtual projetada na tela.

A realimentação imediata do desempenho e resultado da tarefa realizada é um dos benefícios mais importantes atribuído ao *Nintendo Wii Fit*®. Segundo Deutsch et al., (2008) a rica realimentação sensorial proporcionada por esse videogame, incluindo os estímulos auditivos, visuais e proprioceptivos presentes na maioria dos jogos, somam-se à informação do conhecimento do resultado e do desempenho da tarefa motora proporcionando assim a melhora do aprendizado.

Além disso, a realimentação pode contribuir para o aprendizado por meio de seus aspectos motivacionais (WULF; SHEA; LEWTHWAITE, 2010). Em estudo de Chiviacowsky e Wulf (2007), no qual os sujeitos praticaram uma tarefa motora (jogar sacos de feijão) com o membro superior não dominante, os autores concluíram que para a retenção da tarefa motora sem nenhuma realimentação o conhecimento do resultado positivo, ou seja, quando os sujeitos tinham melhor desempenho na tarefa, foi mais benéfico que o conhecimento do resultado negativo, quando os sujeitos tinham o pior desempenho na tarefa. No *Nintendo Wii Fit*®, o jogador recebe a realimentação do seu desempenho após cada

tentativa do jogo por meio da pontuação. Considerando os achados de Chiviacowsky e Wulf (2007), os jogadores podem se beneficiar a cada realimentação positiva de sua tarefa.

Outro aspecto presente no *Nintendo Wii Fit*® e que pode estar associado à melhora do aprendizado é a prática observacional, defendida por Wulf, Shea e Lewthwaite (2010). Nela, a observação da tarefa (reprodução no televisor) associada à prática física (movimentos realizados pelo jogador) desta tarefa pode contribuir para o aprendizado, tanto de habilidades motoras simples como de habilidades motoras mais complexas.

Pesquisas mostram que a prática observacional pode proporcionar benefícios únicos ao aprendizado motor, principalmente quando associada à prática física. Em estudo de Shea et al. (2000) dois experimentos foram conduzidos para investigar a retenção e transferência de uma tarefa em trinta jovens por meio da prática física e observacional isoladas (primeiro experimento) e por meio da prática combinada (segundo experimento). No primeiro experimento, os autores observaram que a retenção foi maior para a prática física, porém nenhuma diferença foi observada no teste de transferência entre as duas práticas. Já no segundo experimento os autores observaram que para a retenção não houve diferença de prática, porém, a prática combinada mostrou-se mais eficiente na transferência da tarefa.

No nosso entendimento, considerando que no *Nintendo Wii Fit*® o jogador controla uma tarefa que está sendo reproduzida no televisor a partir da realização de movimentos, pode-se dizer que o foco da atenção do jogador é externo. Há evidências que instruções direcionadas à repercussão dos movimentos do indivíduo no ambiente (foco externo da atenção) mostram-se mais eficientes que instruções direcionadas aos aspectos motores do movimento desse indivíduo (foco interno na atenção) (ZACHRY et al., 2005; WULF; SU, 2007; MARCHANT; CLOUGH; CRAWSHAW, 2007).

Wulf e Su (2007) investigaram os efeitos dos focos interno e externo da atenção no aprendizado de uma tarefa motora esportiva complexa de tacada de golf. Para isso, trinta jovens realizaram sessenta tacadas sob as condições de foco interno de atenção (atenção voltada para o balanço dos braços), foco externo de atenção (atenção voltada para o balanço do taco) e sem foco de atenção. Os resultados mostraram que tanto na precisão das tentativas, medida em blocos de dez tentativas, quanto na retenção de um dia da tarefa motora, o grupo com foco de atenção externo mostrou-se mais eficiente.

Com base nestes fatos, podemos concluir que o *Nintendo Wii Fit*® se classifica como um recurso terapêutico ao proporcionar estímulos ambientais eficazes e oferecer realimentação visual constantemente que beneficiam o desempenho motor e cognitivo dos indivíduos (MERIANS et al., 2002; BISSON et al., 2007; DEUSTCH et al., 2008). De acordo

com a literatura, trata-se de uma ferramenta que vem sendo utilizada amplamente em ambientes de reabilitação com a finalidade de promover melhora do equilíbrio e da força muscular (COYNE, 2008). No entanto, por ser uma tecnologia absolutamente nova, ainda há poucos estudos controlados publicados sobre os resultados obtidos por meio dessa modalidade com fins terapêuticos.

Um relato de caso investigou os efeitos do Nintendo Wii® em uma idosa com diagnóstico de distúrbio do equilíbrio e histórico de queda (CLARK; KRAEMER, 2009). Para tanto, uma intervenção de 6 sessões de terapia com duração de 1 hora cada no período de 2 semanas foi conduzida por meio da aplicação do jogo *Wii Sports Bowling*®, um jogo que simula jogo de boliche, no qual a idosa deveria se levantar de uma cadeira e realizar a tarefa motora do jogo a cada tentativa. Os autores puderam observar que houve melhora do equilíbrio, constatado pela escala de equilíbrio de Berg e na marcha pelo Índice do Andar Dinâmico (IAD), bem como pelo *Timed Up and Go Test* (TUG) e na *Activities-Balance Confidence Scale* (ABC).

Em outro relato de caso, um idoso com histórico de quedas foi submetido a 10 sessões de fisioterapia durante 2 semanas, nas quais foram realizados aquecimento em bicicleta ergométrica e exercícios que exigissem o deslocamento do centro de gravidade na *Wii Balance Board*®. A comparação entre os testes realizados antes e após a intervenção (EEB, ABC, TUG) mostrou que o idoso apresentou melhora significativa do equilíbrio estático, desempenho da marcha e do risco de quedas (PIGFORD; ANDREWS, 2010).

No estudo de Rendon et al. (2012) os autores queriam investigar os efeitos de uma intervenção com o *Nintendo Wii Fit*® no desempenho da marcha de idosos. Quarenta idosos foram randomizados em dois grupos: grupo experimental, que recebeu 18 sessões de treinamento de equilíbrio com 3 jogos diferentes do videogame; grupo controle, que não recebeu nenhuma intervenção. Os resultados mostraram que grupo experimental melhorou significativamente a velocidade da marcha medida pelo teste *8-foot Up and Go*.

Williams et al. (2011) também investigou os benefícios do *Nintendo Wii Fit*® em 22 idosos. Após 12 sessões de intervenção por meio do videogame, realizadas durante 4 semanas, os autores puderam observar que houve melhora significativa do equilíbrio dos idosos, constatada pela EEB.

Para comparar os efeitos obtidos de uma intervenção fisioterapêutica convencional e a aplicação do *Nintendo Wii Fit*® em idosos, Bateni (2012), randomizou 18 idosos em três grupos, sendo estes: grupo com fisioterapia convencional; grupo com fisioterapia convencional associada ao treinamento com Nintendo Wii®; grupo com treinamento com

Nintendo Wii®. Após 12 sessões realizadas em 4 semanas de intervenção, os autores relataram que houve melhora do equilíbrio, constatada pela EEB, para os três grupos, porém, em maior magnitude para o grupo que realizou a fisioterapia associada ao treinamento com Nintendo Wii®.

Há também evidências da melhora cognitiva por meio da prática de jogos de videogame (GREEN; BAVELIER, 2003; FENG; SPENCE; PRATT, 2007; GREEN; POUGET; BAVELIER, 2010), bem como da melhora do desempenho cognitivo em tarefas não específicas do jogo treinado (BOOT; BLAKELY; SIMONS, 2011) em jovens. No entanto, pouco se sabe dos efeitos cognitivos atribuídos a prática do videogame em idosos.

Com o objetivo de beneficiar as funções executivas, Basak et al. (2008) aplicou em idosos a prática de 23,5 horas o jogo *Rise of Nations*®, distribuída no período de 5 semanas. Os autores puderam observar, por meio da aplicação de uma bateria de tarefas cognitivas, a melhora significativa nas funções relacionadas ao controle executivo, como alternância de tarefas, memória operacional, memória visual de curto prazo e raciocínio, bem como das medidas de desempenho do jogo.

Utilizando o mesmo método do estudo anterior, Basak et al. (2011) pôde observar, por meio do imageamento cerebral, uma associação significativa entre a melhora na pontuação do jogo com o aumento do volume cerebral de cinco regiões relacionadas com o controle das funções executivas, execução motora e integração somestésica.

Embora os estudos acima citados tenham mostrado resultados positivos mediante a utilização do *Nintendo Wii Fit*® e outros videogames, até o presente momento há escassez de ensaios clínicos controlados e randomizados que possam fornecer evidências mais robustas sobre os possíveis efeitos do treinamento sobre funções motoras e cognitivas em um mesmo grupo de idosos.

Além disso, observou-se a importância de investigar como a melhora integrada dessas funções poderia repercutir sobre o controle do equilíbrio e de marcha, bem como da generalização dos seus efeitos para as atividades de vida diária, o que motivou a proposta do presente estudo que foi comparar os efeitos do treinamento fisioterapêutico associado ou não a jogos virtuais sobre o desempenho na marcha, da capacidade cognitiva e funcional de idosos saudáveis.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Comparar os efeitos de um treinamento fisioterapêutico associados a jogos virtuais e de um treinamento fisioterapêutico convencional sobre o desempenho na marcha e cognição de idosos saudáveis.

2.2. Objetivos específicos

Comparar os efeitos de um treinamento fisioterapêutico associado a jogos virtuais e de um treinamento fisioterapêutico convencional em idosos saudáveis sobre:

- 1) O desempenho na pontuação dos jogos;
- 2) O desempenho na marcha em condições motoras simples e desafiadoras;
- 3) O desempenho em testes que avaliam diferentes funções cognitivas;
- 4) A autoconfiança na marcha e em atividades de vida diária;
- 5) O desempenho na marcha em condição de divisão de atenção.

3. HIPÓTESES

Como hipóteses, consideramos que:

H1 – o treinamento associado a jogos virtuais, à medida que oferece tarefas mais complexas que exigem respostas motoras e cognitivas associadas, proporciona a realimentação visual e auditiva do desempenho e do resultado e reforços motivadores, promove uma melhora superior no desempenho da marcha e cognição, quando comparado ao treinamento em ambiente real.

H0 – ambos os treinamentos, à medida que reproduzem os mesmos movimentos e o mesmo número de repetições, promovem melhoras similares no desempenho da marcha.

4. CASUÍSTICA E MÉTODOS

4.1. Tipo de estudo

Trata-se de um ensaio clínico longitudinal aleatorizado e cego.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo por meio do parecer consubstanciado número 124.975 para uso de seres humanos em pesquisa com Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) sob o número 08553212.4.0000.0065 (ANEXO A) e registrado no ClinicalTrials.gov (NCT 01741402).

4.2. Amostra

O cálculo do tamanho amostral foi realizado com base na medida secundária de avaliação do desempenho na marcha: a pontuação no Índice do Andar Dinâmico - IAD (DE CASTRO; PERRACINI; GANANÇA, 2006). A média adotada com base em estudo piloto com idosos com as mesmas características deste estudo foi de 20, com desvio-padrão de 2, considerando-se 3 pontos como diferença entre o treino controle e experimental. O resultado indicou que 22 participantes (11 em cada grupo) seriam necessários para obter um poder de 90%.

Trinta e quatro idosos saudáveis e ativos residentes na comunidade foram randomizados em dois grupos com o mesmo número de indivíduos: papéis com a definição de grupo controle ou grupo experimental foram colocados numa caixa e em seguida sorteados de forma independente para cada participante, por um voluntário não envolvido no estudo. Dois sujeitos (um de cada grupo) desistiram de participar do estudo ao longo da intervenção. Desta maneira, dezesseis idosos compuseram cada grupo.

4.3. Critérios de seleção dos participantes

Como a proposta do treinamento fisioterapêutico associado ao videogame é oferecer demandas motora e cognitiva mais desafiadoras que o treinamento fisioterapêutico convencional, os critérios de elegibilidade/inelegibilidade foram delineados para selecionar indivíduos que não apresentassem alterações importantes detectáveis nos sistemas envolvidos

no controle postural (motor, sensorial e cognitivo), que pudessem interferir no aproveitamento do treinamento com os jogos.

4.3.1. Critérios de elegibilidade

Para participar deste estudo os indivíduos deveriam:

- Ler e concordar com o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) – (ANEXO B);
- Ter idade entre 65 e 80 anos;
- Referir idade mínima de escolaridade de cinco anos, pois o desempenho nos instrumentos de avaliação cognitiva pode ser influenciado pelo nível educacional do indivíduo (AVILA et al., 2009);
- Não apresentar indícios de alteração cognitiva, de acordo com o Mini Exame do Estado Mental (MEEM) ajustado conforme a escolaridade ($\text{MEEM} \geq 25$) segundo os valores normativos sugeridos por Brucki et al. (2003), sendo utilizada para fins descritivos, mas não para análise;
- Não apresentar depressão, de acordo com a Escala de Depressão Geriátrica de Yesavage – versão 15 ($\text{GDS-15} \leq 5$), pois a depressão pode afetar o controle postural;
- Não apresentar alterações importantes no equilíbrio de acordo com a escala de Escala de Equilíbrio de Berg ($\text{EBB} \geq 49$), sendo utilizada para fins descritivos, mas não para análise;
- Não relataram a ocorrência de quedas nos últimos seis meses;

4.3.2. Critérios de inelegibilidade

Como exclusão do estudo considerou-se como critérios:

- Alterações biomecânicas (patologias ortopédicas) que pudessem comprometer a realização da tarefa motora;
- História de doenças associadas (quadros neurológicos ou psiquiátricos, insuficiência sistêmica grave e queixa de vertigem);
- Deficiência visual sem melhora com correção ótica;
- Indivíduos que estavam participando de outro programa de reabilitação, pois comprometeria a validade do tratamento deste estudo.

4.4. Local da pesquisa

O estudo foi realizado no Departamento de Fonoaudiologia, Fisioterapia e Terapia Ocupacional no Laboratório de Aprendizagem Sensorio-Motora (LASM) da Universidade de São Paulo localizado na Rua Cipotânea número 51 na Cidade Universitária em São Paulo, no período entre maio de 2011 a outubro de 2012.

4.5. Materiais

4.5.1. Materiais do treino global

Os materiais utilizados para realizar o treino global foram: uma bola suíça de 30 cm de diâmetro da marca Carci®, bastão em madeira com 1,0m de comprimento, colchonete, cadeira sem braço, faixa elástica, tornozeleira de 0,5Kg marca Carci®, *Balance Disc* e uma bola de 12,0cm de diâmetro da marca Carci®.

4.5.2. Materiais do treinamento experimental

Para o treino cognitivo-motor do grupo experimental, foram utilizados:

- 1 projetor multimídia da marca Sony® (Figura-2);
- 1 um console do videogame Nintendo Wii® (Figura-3);
- 1 programa *Wii Fit Plus*® (Figura-4);
- 1 controle *Wii Remote*® e 1 controle *Wii Nunchuk*® (Figura-5);
- 1 plataforma para registro da oscilação postural (*Wii Balance Board* Nintendo®) (Figura-6).

Figura 2: Fotografia do projetor da marca Sony®, utilizado na projeção dos jogos durante o treino de equilíbrio e marcha do grupo experimental.

Figura 3: Fotografia do *Nintendo Wii Console*®, utilizado no treino do grupo experimental.

Figura 4: Fotografia do jogo *Nintendo Wii Fit Plus*®, utilizado para o treino do equilíbrio e marcha do treino do grupo experimental.

Figura 5: Fotografia do controle *Wii Remote*® e controle *Wii Nunchuk*®, ambos utilizados nas tarefas que exigiam movimentação de membros superiores no treino do grupo experimental.

Figura 6: Fotografia da plataforma para registro da oscilação postural *Balance Board*®, utilizada para o treino de equilíbrio e marcha do grupo experimental.

A peça central do sistema Wii, o *Wii Remote*® é um dispositivo sem fio (*bluetooth*), com sensor acelerômetro tridimensional que capta os movimentos em todas as direções e velocidades. Além disso, possui um sistema de vibração e um pequeno alto-falante, que fornece uma realimentação háptica e auditiva (WII CONTROLLERS NINTENDO, 2011).

Outro componente do *Nintendo Wii Fit*® é a *Wii Balance Board*®, um dispositivo com conectividade sem fio (*bluetooth*) operado por bateria, contendo quatro sensores de força (localizado em cada canto) que são usadas para mensurar o centro de massa do indivíduo (GIL-GÓMEZ et al., 2011).

4.5.3. Materiais do treino motor

Para o treino do grupo controle foram utilizados:

- 1 *Dynadisc*® (Figura-7);

- 1 prancha de equilíbrio retangular com as dimensões 40x60cm (Figura-8);
- 1 step com as dimensões 0,52L x0,33C x0,17A cm (Figura-9);
- 1 bastão de madeira com 1,0m de comprimento (Figura-10);
- 1 cronômetro (Figura-11)

Figura 7: Fotografia do *Dynadisc*®, utilizado para o treino do equilíbrio e marcha do treino do grupo controle.

Figura 8: Fotografia da prancha de equilíbrio, utilizada para o treino do equilíbrio e marcha do treino do grupo controle.

Figura 9: Fotografia do *step*, utilizado para o treino do equilíbrio e marcha do treino do grupo controle.

Figura 10: Fotografia do bastão, utilizado para o treino do equilíbrio e marcha do treino do grupo controle.

Figura 11: Fotografia do cronômetro, utilizado para o treino do equilíbrio e marcha do treino do grupo controle.

4.6. Procedimento da pesquisa

O fluxograma a seguir esquematiza os testes e avaliações que foram realizadas antes e após o treinamento (Figura-12).

Figura 12: Fluxograma do estudo: 34 idosos foram randomizados em 2 grupos. 16 idosos concluíram o treino de equilíbrio e marcha por meio do *Nintendo Wii Fit Plus®* (grupo experimental) e 16 idosos concluíram o treino de equilíbrio e marcha convencional. Ambos os grupos foram avaliados antes do treinamento (AV1), depois do treinamento (AV2) e 60 dias após o final do treino (AV3); N = número de participantes.

4.6.1. Triagem dos indivíduos

Todos os indivíduos passaram por uma triagem composta por uma avaliação dos dados iniciais, e aplicação das escalas de avaliação cognitiva (MEEM), depressão (GDS-15) e de equilíbrio (EBB), todas realizadas por um avaliador cego ao treinamento e aos resultados apresentados.

Na avaliação dos dados iniciais, o avaliador cego fazia perguntas gerais, tais como: nome completo, idade, anos de estudo, doenças prévias, uso de medicação, ocorrência de quedas nos últimos seis meses e realização de atividade física orientada.

A escala de avaliação MEEM - (ANEXO C) modificada por Bertolucci et al. (1994) foi utilizada como instrumento de rastreamento de deficiência cognitiva. Este é um teste de fácil e rápida aplicação composto por questões agrupadas em sete categorias com o objetivo de avaliar a orientação temporal e espacial, memória imediata, atenção e cálculo, evocação, linguagem e praxia. A pontuação pode variar de zero ponto, que indica maior grau de comprometimento cognitivo dos indivíduos, até um máximo de 30 pontos, o qual corresponde a uma melhor capacidade cognitiva. A pontuação mínima para inclusão no estudo foi de 25 pontos seguindo os valores normativos para a população brasileira segundo Brucki et al. (2003).

A GDS-15 - (ANEXO D) é um dos instrumentos mais frequentemente utilizados para avaliar depressão em idosos e foi desenvolvido especialmente para o rastreamento dos transtornos de humor em idosos, com perguntas que evitam a esfera das queixas somáticas. Esta escala é composta por perguntas dicotômicas (sim ou não), de fácil entendimento e que apresenta 15 questões negativas / afirmativas onde o resultado de seis ou mais pontos diagnostica depressão, sendo que a pontuação igual ou maior que 11 pontos caracterizam depressão grave (ALMEIDA; ALMEIDA, 1999).

A EBB - (ANEXO E) consiste de 14 itens que avaliam a habilidade de adotar e manter a posição bípede. Cada item é pontuado em uma escala ordinal de cinco pontos variando de zero (incapaz de realizar) a quatro (desempenho normal). A faixa de pontuação total varia de zero a 56 e, pontuações mais altas denotam melhor equilíbrio. Pontuações de 0 a 20 referem-se aos pacientes restritos a uma cadeira de rodas; 21-40 referem-se à assistência durante a marcha e de 41 a 56 pontos correspondem a independência (MIYAMOTO et al., 2004). A pontuação mínima para inclusão no estudo foi de 49 pontos seguindo os valores preditivos para idosos não praticantes de atividade física segundo Santos et al. (2011).

Após a análise dos dados da triagem foram selecionados os indivíduos cujas características se enquadrassem aos critérios de elegibilidade e inelegibilidade. Em seguida, os idosos saudáveis foram aleatorizados por sorteio, na qual os indivíduos foram divididos em dois grupos, onde um grupo realizou o treino controle e outro o treino experimental.

4.6.2. Avaliações pré, pós-treinamento e na retenção

Os dois grupos realizaram uma avaliação pré-treinamento (AV1), antes do início da intervenção. Após o período de 14 sessões de intervenção os indivíduos foram avaliados novamente (AV2). A avaliação da retenção (AV3) foi realizada após 60 dias do término do treino.

Todas as avaliações foram realizadas sob as mesmas condições pelo mesmo examinador cego devidamente treinado.

4.6.3. Medidas primárias

1. *Escala Funcional de Marcha (Functional Gait Assessment-FGA)* – (ANEXO F): é um teste para avaliar a estabilidade postural em várias condições na marcha. É a versão modificada do Índice do Andar Dinâmico (IAD), o qual foi desenvolvido para avaliar a marcha e o risco de quedas em idosos testando as habilidades desses idosos em responder à mudanças durante a marcha (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003). O teste consiste em 7 dos 8 itens do IAD. São eles: (1) Marcha em superfície plana; (2) Mudança da velocidade da marcha; (3) Marcha com movimentos horizontais de cabeça; (4) Marcha com movimentos verticais de cabeça; (5) Marcha e giro sobre o próprio eixo; (6) Passar por cima de obstáculo; (7) Subir e descer degraus. O item *contornar obstáculos* foi excluído por não oferecer dificuldade suficiente para ser incluído ao FGA. Além dos 7 itens do IAD, mais 3 itens foram incluídos: (8) Andar para trás; (9) Andar com base reduzida; (10) e Andar de olhos fechados. Estes itens foram incluídos por exigirem maior integração das informações vestibulares com as proprioceptivas, a medida que o controle visual fica limitado ou eliminado. Cada item é pontuado de zero a três: uma pontuação de zero indica que a pessoa é incapaz de executar a tarefa, enquanto a pontuação três indica nível de normalidade. A melhor pontuação é a quantidade máxima de pontos, sendo 30 (WRISLEY et al., 2004).

2. *Montreal Cognitive Assessment (MoCA)* (ANEXO G): constitui um instrumento breve de rastreio cognitivo rápido, prático e eficaz na distinção entre desempenhos de adultos com

envelhecimento cognitivo normal e adultos com déficit cognitivo em estádios intermédios. Avalia oito domínios cognitivos contemplando diversas tarefas sendo que cinco das onze tarefas incluídas são frequentemente alteradas no processo do envelhecimento. Consiste na avaliação das seguintes funções cognitivas: atenção e concentração, funções executivas, memória, linguagem, habilidades visuo-construtivas, conceituação, cálculo e orientação. A pontuação total é de 30 pontos; sendo o escore de 26 ou mais considerado normal (BERTOLUCCI; SARMENTO; WAJMAN, 2008).

4.6.4. Medidas secundárias

1. *Índice do Andar Dinâmico (IAD)* (ANEXO F): é um teste que foi desenvolvido para avaliar a capacidade de idosos com equilíbrio comprometido em modificar a marcha em resposta às mudanças nas demandas de determinadas tarefas (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1995). O teste consiste em 8 itens: (1) Marcha em superfície plana; (2) Mudança da velocidade da marcha; (3) Marcha com movimentos horizontais de cabeça; (4) Marcha com movimentos verticais de cabeça; (5) Marcha e giro sobre o próprio eixo; (6) Passar por cima de obstáculo; (7) Contornar obstáculos; (8) Subir e descer degraus.

2. *Escala Internacional de Eficácia de Quedas (FES-I)* – (ANEXO H): elaborada pelos membros do *Prevention of Falls Network Europe*, a FES-I mensura o medo de queda em diversas atividades de vida diária (AVD's), e assim reflete o nível de capacidade funcional do sujeito³. Consiste de 16 perguntas, as quais 14 são referentes a situações presentes na marcha, realizadas diretamente ao sujeito que, por sua vez, declara o nível de preocupação ao realizar cada atividade incluindo as AVD's, atividades externas e de participação social. Os participantes respondem às questões pensando em como eles habitualmente fazem cada atividade, ou como imaginaria fazendo-a caso não realize uma determinada atividade. Cada item do questionário apresenta quatro possibilidades de resposta com respectivos escores de um a quatro pontos. A pontuação total é calculada pela soma dos valores obtidos em cada item e pode variar de 16 a 64 pontos, no qual o menor valor corresponde à ausência de preocupação e o maior valor à preocupação extrema em relação às quedas durante a realização das atividades do questionário. Assim, quanto maior a pontuação final obtida, menor é a autoeficácia relacionada às quedas. Além disso, a pontuação maior ou igual a 23

³ **Capacidade funcional:** é definida no idoso como a ausência de dificuldades de realizar tarefas que fazem parte do cotidiano do ser humano e que normalmente são indispensáveis para uma vida independente na comunidade (Classificação Internacional de Comprometimento, Incapacidades e Desvantagens ICIDH – OMS).

pontos classifica o idoso com “alto risco potencial de quedas”, ao passo que a pontuação superior a 31 pontos classifica-o com “queda recorrente” (YARDLEY et al., 2005).

3. *Teste da marcha de 30 segundos*: Teste simples utilizado para avaliar o desempenho do indivíduo durante a marcha, no qual o indivíduo deve andar em sua velocidade preferida. Para isso, foi solicitado aos sujeitos andar por 30 segundos em condição de simples tarefa (apenas andar) e dupla-tarefa (andar e falar palavras com uma inicial pré-determinada). A distância percorrida foi medida (simples e dupla tarefa) e o número de palavras evocadas foram contabilizadas pelo examinador (dupla-tarefa). O teste foi realizado três vezes, e para os resultados foi considerada a melhor das três tentativas realizadas. Este teste foi escolhido para acessar a velocidade da marcha dos idosos, parâmetro este mais estudado para avaliar a eficiência da marcha em condições simples e complexas, tanto para investigar a influencia da dupla tarefa na marcha (HAUSDORFF, et al., 2008; COPPIN et al., 2006; BLE et al., 2005) quanto para investigar o efeito de treinos complexos na marcha (SILSUPADOL et al., 2006; VALLIANT et al., 2006).

4.7. Intervenção

Os indivíduos foram randomizados e divididos em dois grupos e submetidos a 14 sessões de treinamento com duração de uma hora, duas vezes na semana pelo período de sete semanas.

4.8. Treino Global

Nos primeiros 30 minutos, TODOS os participantes realizaram uma sequência padronizada de exercícios, que tinha como objetivo melhorar o alongamento muscular, a mobilidade axial e força muscular, além de promover o aquecimento necessário para o subsequente treino de equilíbrio. Estes exercícios podem ser encontrados no livro “Programa semanal de exercícios para pacientes com Doença de Parkinson” da autora Maria Elisa Pimentel Piemonte (2003).

Os exercícios globais incluídos neste estudo distribuídos em quatro sequências (I, II, III, e IV) foram divididos em sessões pares e ímpares. Estes exercícios estão ilustrados nas Tabelas 4 a 7, a seguir.

É importante ressaltar que os indivíduos foram orientados pelo mesmo fisioterapeuta do início ao fim do tratamento para que não houvesse interferência no tratamento.

Tabela 4 - Sequência I dos exercícios globais.

Exercício	Figura
1. Exercícios ativos da região cervical em padrões diagonais (cinco repetições para cada lado)
2. Exercícios ativos de rotação de tronco em padrões diagonais realizados em sedestação (cinco repetições para cada lado)
3. Exercícios ativos de rotação de tronco inferior realizados em decúbito dorsal (cinco repetições para cada lado)
4. Exercícios de fortalecimento do músculo glúteo máximo (10 repetições)
5. Exercícios ativos de dorsiflexão e flexão plantar com os pés apoiados sobre o disco proprioceptivo (10 repetições para cada movimento)
6. Exercícios ativos de trílice flexão com o indivíduo em decúbito dorsal (10 movimentos cada membro inferior)

Tabela 5 - Sequência II dos exercícios globais.**Exercício****Figura**

1. Alongamento do músculo trapézio mantendo a posição por cinco respirações para cada lado

2. Exercício ativo de rotação do tronco inferior realizado com a região glútea apoiada sobre uma bola (cinco movimentos para cada lado)

3. Exercício ativo para fortalecimento do abdominal inferior em decúbito dorsal (15 repetições para cada lado)

4. Exercícios de “ponte” com um peso de 0,5kg sobre o púbis (15 repetições para cada lado)

5. Exercício resistido de flexão plantar e dorsiflexão utilizando-se uma faixa elástica (10 movimentos cada lado)

6. Exercício ativo de flexão e extensão de joelho associado com a dorsiflexão e flexão plantar (15 vezes cada lado). O exercício foi realizado em sedestação com os pés apoiados sobre uma bola

Tabela 6 - Sequência III dos exercícios globais.**Exercício****Figura**

1. Movimentos rotacionais para região cervical (10 repetições tanto para o sentido horário quanto anti-horário)

2. Exercício ativo de rotação de tronco em sedestação (10 repetições para cada lado)

3. Exercício ativo de flexão do tronco e da coxa (10 repetições)

4. Exercício ativo-resistido de abdução da coxa associado com a “ponte” utilizando-se de faixa elástica (15 repetições)

5. Exercício ativo de flexão e extensão da perna associado com a dorsiflexão e flexão plantar (15 vezes cada lado).

6. Exercício ativo de tríplice flexão com o indivíduo em decúbito dorsal com a perna apoiada sobre a bola terapêutica (15 repetições)

Tabela 7 - Sequência IV dos exercícios globais.
Exercício

Figura

1. Exercícios ativos de flexão, extensão e rotações da cervical (cinco repetições para cada movimento)

2. Exercícios ativos de flexão e rotação de tronco em decúbito dorsal para fortalecimento dos músculos abdominais oblíquos (15 repetições para cada lado)

3. Exercício de fortalecimento do músculo abdominal inferior realizado em decúbito dorsal com a perna apoiada sobre a bola terapêutica (15 repetições)

4. Exercício ativo de tríplice flexão de membros inferiores associado com flexão de tronco inferior, realizado com o indivíduo em decúbito dorsal com a perna apoiada sobre a bola terapêutica. Ao final de cada extensão das pernas, o paciente tinha que realizar a extensão das coxas (15 repetições)

4.9. Treinamento de equilíbrio do grupo experimental

Nos 30 minutos restantes, assistidos por um fisioterapeuta, os indivíduos realizaram o treinamento de equilíbrio (Figura-13) com os jogos do *Nintendo Wii Fit Plus*®.

Em cada sessão foram treinados cinco dos 10 jogos selecionados, distribuídos de forma que nas sessões ímpares fossem treinados cinco jogos diferentes das sessões pares. Cada sessão de treinamento em ambiente virtual teve duração de 30 minutos. A distribuição dos jogos nas sessões de treino respeitou esse tempo máximo e também a homogeneização das tarefas motoras dos jogos, exigidas por sessão.

Os jogos foram selecionados de acordo com as exigências motoras de equilíbrio estático e dinâmico, desencadeadas e dirigidas por tarefas perceptuais (visuais e auditivas) associadas a funções cognitivas.

Figura 13: Imagem de uma sessão do treino de equilíbrio no *Nintendo Wii Fit Plus*® com assistência do fisioterapeuta.

4.9.1. Processo de seleção dos jogos

O método deste trabalho foi baseada em um estudo prévio realizado no laboratório de Aprendizagem Sensorio-motora da Universidade de São Paulo realizado por Pompeu et al. (2012) e Mendes et al. (2012) com indivíduos com Doença de Parkinson (DP).

O processo de seleção dos jogos foi realizado com participação de três fisioterapeutas com especialização em fisioterapia em neurologia, e se iniciou com o levantamento das características das deficiências no controle postural decorrentes do envelhecimento saudável e patológico, identificando as principais competências a serem treinadas para uma melhora nesse controle e das recomendações atuais para a prevenção de quedas em idosos (SHERRINGTON, 2011).

A seguir, foi realizada uma análise conjunta de todo o repertório de jogos oferecido pelo *Nintendo Wii Fit Plus*®, identificando-se os que poderiam oferecer condições de treino apropriadas para os objetivos traçados. Essa análise não considerou apenas as demandas motoras dos jogos, mas também a velocidade e variabilidade das respostas requeridas, a forma de controle da velocidade dos movimentos (autocontrolada ou determinada pela apresentação dos estímulos), possibilidade ou não de planejamento de respostas, nível de exigência de divisão de atenção, envolvimento da memória operacional, necessidade de tomada de decisões e inibição de respostas.

Após essa etapa, foram selecionados 16 jogos potenciais. Em seguida, os jogos foram testados em idosos e pacientes com DP em estágios iniciais de evolução da doença, na presença dos três fisioterapeutas. Como critérios para a seleção final foram considerados que os jogos fossem exequíveis, mas desafiadores para a maioria dos idosos. Como resultado final foram selecionados 10 jogos que, em relação às demandas motoras, cinco deles exigiam o deslocamento do centro de gravidade nas direções ântero-posterior e látero-lateral, três deles exigiam a estabilização do centro de gravidade durante um intervalo de tempo e dois deles exigiam a alternância de passos.

Em relação às demandas cognitivas, todos os jogos exigiam atenção voltada para a resolução da tarefa, memória operacional e monitoração de desempenho, três deles exigiam a inibição de respostas, tomada de decisão e mudança de estratégia, dois deles exigiam memória de curta duração, e dois deles exigiam a divisão de atenção entre movimentos com os membros superiores e inferiores.

Os 10 jogos foram divididos em sessões pares e ímpares. Para tanto, foram utilizados os jogos: *Table tilt*, *Obstacle course*, *Rhythm parade*, *Tilt city*, *Single leg extension*, *Basic run plus*, *Basic step*, *Torso twists*, *Penguin slide* e *Heading soccer*.

4.9.2. Descrição do treinamento para o treino do grupo experimental

Para o grupo experimental foram realizadas duas tentativas por jogo, em cada uma das sessões, sendo que a primeira foi considerada como treinamento e a segunda como avaliação da aprendizagem naquele jogo.

Durante a realização da primeira tentativa, os indivíduos foram auxiliados verbal e proprioceptivamente, por meio de contato manual do fisioterapeuta, instruindo-o sobre qual a melhor e a mais correta forma de realizar o movimento para alcançar o objetivo do jogo.

Na segunda tentativa, os indivíduos jogaram sem instruções do fisioterapeuta, com exceção da motivação verbal que foi constante, sendo que nessa tentativa a pontuação final do jogo foi registrada para posterior análise do desempenho.

As descrições dos jogos selecionados e a sua distribuição por sessão, com as diferentes combinações entre as demandas motoras e cognitivas podem ser analisadas em detalhes a seguir.

4.9.3. Descrição dos jogos selecionados para o treino do grupo experimental na sessão ímpar

Os jogos que compuseram o treino nas sessões ímpares foram: *Table tilt*, *Obstacle course*, *Rhythm parade*, *Tilt city* e *Single leg extension*. As demandas motoras e cognitivas exigidas em cada jogo, segundo Mendes et al. (2012), estão ilustradas na Tabela-8.

(1) *Table tilt*: jogo no qual é projetado na tela uma plataforma com orifícios e bolas sobre ela, cujo objetivo do indivíduo é encaixar as bolas nos orifícios por meio de inclinações na *Wii Balance Board®* fazendo as bolas rolaem em direção aos orifícios, em um tempo pré-determinado pelo jogo (Tabela 8).

A primeira fase do jogo é composta por uma plataforma com um orifício e uma bola e à medida que o jogador avança de fase surgem outras bolas e outros orifícios aumentando progressivamente o grau de dificuldade do jogo. O indivíduo somente passará de fase se conseguir encaixar todas as bolas no tempo determinado; o quanto antes o indivíduo encaixar as bolas, maior será o tempo da fase seguinte. A cada fase completa o jogador ganha pontos.

À medida que o tempo vai terminando, o cronômetro do jogo fica vermelho, começa a piscar e emitir um sinal sonoro, onde comumente o indivíduo aumenta a velocidade dos deslocamentos com o objetivo de encaixar as bolas antes da finalização do tempo.

Este jogo apresenta uma tarefa complexa, pois requer o controle preciso do deslocamento do centro de massa em todas as direções sem perder o equilíbrio, bem como impedindo que a bola caia da plataforma. Quando uma bola cai da plataforma ocorre um giro aleatório desta deslocando o orifício para outra posição, e exigindo do indivíduo uma rápida mudança de estratégia para redirecionar o deslocamento da bola para outro sentido. A pontuação do jogo ocorre a cada acerto do indivíduo, o que pode favorecer a aprendizagem.

(2) *Obstacle course*: Neste jogo, o avatar deve concluir o percurso com obstáculos que realizam movimentos pendulares. Para isso, o indivíduo alterna os passos para controlar a velocidade do deslocamento do avatar com o objetivo de desviar dos pêndulos e, em caso de colisão com o pêndulo, o avatar é arremessado para fora do percurso. Há também a possibilidade do indivíduo ultrapassar as plataformas por meio de uma simulação de um salto, flexionando e estendendo os joelhos. A pontuação é proporcional à distância percorrida pelo jogador.

(3) *Rhythm parade*: Simulação de um desfile de fanfarra, no qual o avatar deve marchar sobre a *Wii Balance Board*® no ritmo determinado pela música e simultaneamente realizar movimentos com o *Wii Remote*® com a mão direita e com o *Nunchuk*® com a mão esquerda como se estivesse tocando um tambor. O ritmo das batidas é determinado por alvos visuais na tela do jogo. A pontuação ocorre de acordo com o ritmo da marcha e com os acertos dos movimentos com os controles manuais.

(4) *Tilt city*: Neste jogo, o indivíduo controla o deslocamento de uma plataforma por meio do *Wii Remote*® que fica acima de outras duas plataformas que são controladas com deslocamentos feitos sobre a *Wii Balance Board*®. Na base da tela há três baldes coloridos, no qual o objetivo do indivíduo é direcionar as bolas para os baldes da mesma cor.

As bolas caem sobre a primeira plataforma que é movida com o controle manual direcionando-a pelo indivíduo para uma das duas plataformas que são movidas por meio de inclinações do corpo, a fim de direcionar a bola para o balde da mesma cor. A pontuação é proporcional à quantidade de bolas colocadas nos baldes correspondentes.

(5) *Single leg extension*: O indivíduo deve permanecer em apoio unipodal enquanto realiza movimentos de flexo-extensão dos membros superiores e do membro inferior contralateral. O objetivo do jogo é realizar os movimentos solicitados no ritmo determinado pelo instrutor virtual ao mesmo tempo em que controla a posição do centro de massa representado por um

ponto vermelho dentro de uma área amarela. A pontuação é proporcional ao deslocamento realizado pelo ponto vermelho na área amarela, ou seja, quanto menor o deslocamento, maior a pontuação.

Tabela 8 - Demandas motoras e cognitivas dos jogos da sessão ímpar (MENDES et al., 2012).

Jogo	Demanda Motora	Demanda Cognitiva
Table tilt	Deslocamento multidirecional e controlado do centro de massa, mantendo os pés imóveis.	Necessita de planejamento da resposta motora para alcançar o objetivo e controle do tempo para a finalização da tarefa.
Rhythm parade	Controle rítmico de alternância de passo determinado pelo jogo, enquanto realiza movimentos de flexo-extensão com os membros superiores.	Divisão de atenção entre os movimentos de membros inferiores e superiores e tarefa de atingir alvos aleatorizados com movimentos de um ou de ambos os membros superiores.
Obstacle course	Exige controle da aceleração da marcha estacionária ou de sua interrupção quando necessário.	Exige além de atenção e planejamento, a tomada de decisão rápida sobre acelerar ou desacelerar a marcha para evitar os obstáculos. Além disso, inibição de resposta.
Single leg extension	Controle estacionário do centro de massa.	Manutenção da atenção e imitação dos movimentos do instrutor virtual.
Tilt city	Deslocamento látero-lateral do centro de massa, dissociando os movimentos de inclinação do corpo na <i>Wii Balance Board®</i> com os membros superiores.	Identificação da cor do estímulo, planejamento dos movimentos para alcançar os objetivos além da divisão da atenção entre os movimentos do centro de massa e dos membros superiores.

4.9.4. Descrição dos jogos selecionados para o treino do grupo experimental na sessão par

Os jogos que compuseram o treino nas sessões ímpares foram: *Basic run plus*, *Basic step*, *Torso twists*, *Penguin slide* e *Heading soccer*. As demandas motoras e cognitivas exigidas em cada jogo, segundo Mendes et al. (2012), estão ilustradas na Tabela-9.

(1) *Basic run plus*: O indivíduo realiza a alternância de passos fazendo com que o seu avatar concluía uma corrida em um percurso guiado por um gato projetado na tela. Após completar o percurso, o indivíduo responde três perguntas sobre alguns detalhes do trajeto percorrido. A pontuação é proporcional ao ritmo do jogador e ao número de respostas corretas.

(2) *Basic step*: O avatar projetado na tela deve subir e descer da *Wii Balance Board®* na sequência determinada pelas pistas visuais e auditivas do jogo. O indivíduo marca pontuação toda vez que pisa na *Wii Balance Board®* no tempo determinado e com o pé correto.

(3) *Torso twists*: O indivíduo replicava os movimentos de um instrutor virtual que realiza rotações do tronco para a esquerda e para a direita e em seguida associa as rotações com flexões de tronco. O objetivo deste jogo é controlar o centro de massa representado por um ponto vermelho dentro de uma área amarela, à medida que realiza os movimentos de rotação no ritmo determinado pelo instrutor virtual.

A pontuação é proporcional ao deslocamento do ponto vermelho, ou seja, quanto menor o deslocamento, maior a pontuação.

(4) *Penguin slide*: O indivíduo controla os movimentos do avatar sobre uma plataforma de gelo que está flutuando no mar, onde o objetivo é pegar o maior número de peixes que saltam sobre esta plataforma. Quando o avatar desloca-se para um dos lados, o bloco de gelo inclina fazendo com que este deslize rapidamente para o lado da inclinação. A pontuação é proporcional ao número de peixes coletados.

(5) *Heading soccer*: O objetivo deste jogo é cabecear o maior número de bolas que são lançadas em várias direções e desviar dos demais objetos (cabeça de urso e chuteira). Para isso, indivíduo inclina-se rapidamente para evitar o choque destes objetos contra ele, o que causa perda de pontos. E a cada bola cabeceada aumenta pontuação. Bolas cabeceadas, sequencialmente, multiplicam exponencialmente a pontuação no jogo.

Inicialmente, as bolas atingem o avatar em uma menor velocidade, evoluindo para uma maior velocidade aumentando a dificuldade do jogo e com menor intervalo entre uma e outra. No final do jogo, aumenta-se a frequência de cabeças de ursos de pelúcia e chuteiras que

funcionam como distrator e exige do indivíduo a mudança rápida da estratégia de movimento (reprocessamento motor). A pontuação é proporcional ao número de bolas rebatidas.

Tabela 9 - Demandas motoras e cognitivas dos jogos da sessão par (MENDES et al., 2012).

Jogo	Demanda Motora	Demanda Cognitiva
Basic step	Habilidade de subir e descer degraus rapidamente seguindo um ritmo do jogo, o que indiretamente exige que o controle do equilíbrio em posição de apoio unipodálica.	Atenção nos estímulos visuais e auditivos que guiam a tarefa. Considerando que para cada nível de dificuldade as sequencias de movimentos são fixas, é provável que este jogo também envolva a memória de procedimentos.
Penguin slide	Deslocamentos látero-laterais rápidos do centro de massa, com os pés imóveis.	Planejamento dos movimentos na direção dos alvos.
Heading soccer	Deslocamentos do centro de massa no sentido látero-lateral, onde o melhor desempenho ocorre em relação a um menor tempo de reação.	Identificação do estímulo alvo e tomada rápida de decisão entre ir de encontro ao alvo ou desviar do mesmo.
Basic run plus	Marcha estacionária rápida, sobre o solo.	Dividir a atenção entre a marcha e a tarefa de memorizar itens de informação do percurso para responder as questões apresentadas no final.
Torso twist	Controle estacionário do centro de massa enquanto realiza rotações de tronco movendo os membros superiores, mantendo os pés imóveis.	Manter a atenção e imitar os movimentos do instrutor virtual.

4.10. Treinamento de equilíbrio do grupo controle

Após a realização dos exercícios globais, nos restantes 30 minutos e assistidos por uma fisioterapeuta, os indivíduos realizavam um treino de equilíbrio baseado no grupo experimental, ou seja, realizando as mesmas tarefas motoras durante o mesmo tempo, porém sem as demandas cognitivas oferecidas pelo ambiente de realidade virtual e sem os estímulos visuais e auditivos que guiam a tarefa fornecendo retroalimentação do desempenho e dos resultados.

Os exercícios objetivavam a estimulação do controle de projeção do centro de gravidade sobre superfícies com diferentes níveis de estabilidade, equilíbrio na marcha, coordenação dos movimentos, condicionamento cardiorrespiratório, flexibilidade e força muscular.

Cada exercício foi realizado por duas vezes e os indivíduos foram auxiliados verbal e proprioceptivamente, por meio de contato manual do fisioterapeuta, instruindo-o sobre qual a melhor forma e a mais correta de realizar o movimento.

As descrições dos jogos selecionados e a sua distribuição por sessão, com as diferentes demandas motoras e cognitivas podem ser analisadas em detalhes a seguir.

4.10.1. Descrição dos exercícios selecionados para o treino do grupo controle na sessão ímpar e sua correlação com os jogos

Os jogos que compuseram o treino nas sessões ímpares foram: *Table tilt*, *Obstacle course*, *Rhythm parade*, *Tilt city* e *Single leg extension*. As demandas motoras exigidas em cada jogo, segundo Pompeu et al. (2012), estão ilustradas na Tabela-10.

Tabela 10 - Demandas motoras do treinamento baseado nos jogos da sessão ímpar (POMPEU et al., 2012).

Jogo	Exercício	Demanda Motora
Table Tilt		Exercício de transferência de peso nos sentidos látero-lateral e ântero-posterior com ênfase na estimulação dos ajustes posturais antecipatórios.

Tabela 10 (cont.) - Demandas motoras do treinamento baseado nos jogos da sessão ímpar (POMPEU et al., 2012).

Rhythm Parade

Marcha estacionária associada aos movimentos de flexão e extensão do antebraço de modo alternado e sincronizado, simultaneamente.

Obstacle Course

Exercício de marcha estacionária com mudança de velocidade e simulação de saltos.

Single Leg Extension

Exercício de equilíbrio em apoio unipodal com movimentos de flexo-extensão do quadril e joelho contralateral associada por movimentação dos membros superiores.

Tilt City

Exercício de transferência de peso no sentido látero-lateral associado ao deslocamento do quadril e à inclinação de tronco, combinados com movimentos de flexo-extensão dos braços.

4.10.2. Descrição dos exercícios selecionados para o treino do grupo controle na sessão par e sua correlação com os jogos

Os jogos que compuseram o treino nas sessões ímpares foram: *Basic step*, *Penguin slide*, *Heading soccer*, *Basic run plus* e *Torso twists*. As demandas motoras exigidas em cada jogo, segundo Pompeu et al. (2012), estão ilustradas na Tabela-11.

Tabela 11 - Demandas motoras do treinamento baseado nos jogos da sessão par (POMPEU et al., 2012).

Jogo	Exercício	Demanda Motora
Basic step		Exercício de subir e descer um degrau alternando iniciação com o pé direito e iniciação com o pé esquerdo, seguindo o comando de voz do fisioterapeuta.
Penguin slide		Exercício de transferência de peso sobre o disco de propriocepção realizando deslocamento látero-lateral do centro de gravidade.
Heading soccer		Exercício de transferência de peso sobre a prancha de equilíbrio realizando deslocamento látero-lateral do centro de gravidade.
Basic run plus		Exercício de corrida estacionária com balanço dos membros superiores adequados ao ritmo da marcha.
Torso twist		Exercícios de rotação do tronco e rotação associada com flexão e inclinação do tronco.

5. ANÁLISE DOS DADOS

Para analisar o desempenho nos jogos do *Nintendo Wii Fit Plus*®, os jogos foram agrupados em três categorias conforme a demanda motora: equilíbrio estático (*Single leg extension* e *Torso Twist*); equilíbrio dinâmico (*Table til*, *Tilt city*, *Penguin slide* e *Heading soccer*) e marcha (*Basic run plus*, *Basic step* e *Obstacle course*). Após os testes de normalidade e homoscedasticidade, a somatória da pontuação em cada uma das três categorias de jogos na primeira sessão de treino foi comparada com a média da última sessão de treino por meio de três ANOVA *one-way* para medidas repetidas, tendo como fator as sessões de avaliação (primeira sessão, última sessão e retenção)

Para analisar os resultados obtidos com a aplicação das escalas motoras (FGA e IAD), cognitiva (MoCA) e de funcionalidade (Escala Internacional de Eficácia de Quedas) após testes de normalidade e homogeneidade, foram realizadas ANOVAs (2X3), uma para cada uma das variáveis dependentes, utilizando como fator o grupo (experimental e controle) e as avaliações (AV1, AV2 e AV3), sendo a última medida repetida.

Para analisar os resultados obtidos com a aplicação do teste da marcha (andar na velocidade preferida em condição de tarefa simples e tarefa-dupla) após testes de normalidade e homogeneidade, foram realizadas: (1) uma ANOVA (2X3), para os resultados obtidos na condição de tarefa simples, utilizando como fator o grupo (experimental e controle) e as avaliações (AV1, AV2 e AV3), sendo a última medida repetida; (2) uma ANOVA (2X3) para a condição de dupla tarefa cognitiva, utilizando-se como fatores grupo (experimental e controle), e avaliações (AV1, AV2 e AV3), sendo a última medida repetida.

Para os efeitos que alcançaram nível de significância, foi realizado o Post hoc test de Tukey-Kramer, para a comparação par a par.

Por fim, para investigar a correlação entre os efeitos do treino sobre as medidas primárias (FGA e MoCA), foi aplicado um teste de correlação de Pearson na diferença das pontuações obtidas na AV1 e AV2.

As análises foram realizadas utilizando o programa estatístico *Statistica Advanced* versão 11 da StatSoft®. Foi admitido um nível de significância de 5%.

6. RESULTADOS

Trinta e sete indivíduos foram recrutados para o estudo, sendo que três destes não se enquadraram nos critérios de elegibilidade. Desta forma, trinta e quatro indivíduos foram aleatorizados para o grupo controle e experimental, sendo que apenas 32 concluíram as 14 sessões de treinamento (1 paciente do GC e 1 paciente do GE abandonaram o estudo por motivos familiares).

As características clínicas e demográficas dos participantes do estudo de ambos os grupos foram apresentados na Tabela -12. Trinta e dois indivíduos (12 homens e 20 mulheres) com média de idade de 69.88 anos (SD 4.93) participaram do estudo. Não houve diferença significativa entre os grupos controle e experimental em relação à escolaridade, alteração cognitiva, depressão ou do equilíbrio (teste *t* de *Student*, $P > 0.05$). Os 32 participantes concluíram as etapas do estudo sem nenhum efeito adverso.

Tabela 12 - Perfil dos indivíduos participantes do estudo.

Tabela 12 - Perfil dos indivíduos participantes do estudo.				
	Grupos			
		Média (Desv Pad)		
	Total	Controle	Experimental	Valor de <i>P</i>
		(n=16)	(n=16)	
Idade (anos)	69.88 ± 4.93	68.81 ± 4.25	70.94 ± 5.32	0.23 ^a
Sexo (M:F)	12:20	7:9	5:11	0.32 ^a
Escolaridade (anos)	11.66 ± 5.30	11.31 ± 3.98	12.0 ± 6.32	0.77 ^a
MEEM (pontuação)	28.78 ± 1.22	28,56 ± 1.32	29.00 ± 1.06	0.25 ^a
GDS-15 (pontuação)	2.25 ± 1.48	2.50 ± 1.50	2.00 ± 1.41	0.39 ^a
EBB (pontuação)	55.81 ± 0.39	55.75 ± 0.81	55.88 ± 0,39	0.16 ^a

Legenda: – Sexo, Idade, Escolaridade, Mini-Exame do Estado Mental (MEEM); Escala de Depressão Geriátrica (GDS-15); EBB= Berg Balance Scale; Desv Pad = desvio padrão; n = número de participantes; M = masculino; F = Feminino.

^a Teste *t* de *Student* (valor de *P*)

6.1. Desempenho nos jogos do *Nintendo Wii Fit Plus*®

A pontuação do desempenho dos indivíduos nos jogos foi dividida em três domínios: (1) equilíbrio estático (*Single leg extension* e *Torso twist*); (2) equilíbrio dinâmico (*Table tilt*, *Penguin slide*, *Tilt city* e *Heading soccer*); e marcha estacionária (*Rhythm parade*, *Obstacle course*, *Basic step* e *Basic run*).

Os valores médios bem como os desvios-padrão das pontuações obtidas para cada um dos domínios dos jogos, mensurados na primeira sessão, última sessão e na sessão de retenção, realizada 60 dias após o término do treino, podem ser observados na Tabela-13.

As pontuações obtidas em cada um dos domínios na primeira, última e sessão de retenção foram comparadas por meio da ANOVA *one way* que mostrou um efeito significativo de avaliação para os três domínios dos jogos (equilíbrio estático, equilíbrio dinâmico e marcha estacionária).

O pós-hoc teste de Tukey confirmou que os idosos foram capazes de melhorar seu desempenho com o treinamento que foi mantido após 60 dias da última sessão, exceto para o domínio do equilíbrio estático.

Tabela 13 - Desempenho dos idosos nos jogos de realidade virtual

Tipo do jogo	Média da pontuação (Desv. Pad.) na primeira sessão	Média da pontuação (Desv. Pad.) na última sessão	Média da pontuação (Desv. Pad.) na retenção	Diferença das médias nas pontuações (Desv. Pad.) entre a primeira e última [95% de diferença IC]	Diferença das médias nas pontuações (Desv. Pad.) entre primeira sessão e retenção [95% de diferença IC]
Equilíbrio estático^a	77 (10)	83 (10) ^d	81(9)	6 (4) [11 a 2]	4 (3) [9 a -1]
Equilíbrio dinâmico^b	40 (22)	70 (41) ^d	56 (40) ^e	30 (10) [40 a 19]	16 (5) [26 a 5]
Marcha estacionária^c	145 (119)	217 (149) ^d	196 (142) ^e	72 (4) [128 a 16]	51 (4) [107 a 5]

Legenda: Desv. Pad. = Desvio padrão; IC = Intervalo de Confiança.

^a RM - ANOVA [$F_{(2,66)} = 2.199$; $P = 0.0083$].

^b RM - ANOVA [$F_{(2,134)} = 3,743$; $P < 0,0001$].

^c RM - ANOVA [$F_{(2,134)} = 20,21$; $P < 0,0001$].

^d Post-hoc Teste de Tukey: AV1 X AV2: $P < 0.05$.

^ePost-hoc Teste de Tukey: AV1 X AV3: $P < 0.05$.

6.2. Medidas primárias

Em consonância com o principal objetivo deste estudo, que foi comparar os efeitos das duas formas de treino sobre a eficiência da marcha e funções cognitivas de idosos saudáveis, as medidas selecionadas como primárias foram o *Functional Gait Assessment* (FGA), para avaliação do desempenho da marcha em condições complexas e a *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA) para a avaliação das funções cognitivas.

Os valores médios bem como os desvios-padrão das pontuações obtidas nessas escalas nas avaliações inicial (AV1), final (AV2) e na retenção (AV3) podem ser observados na Tabela-14. A diferença das médias antes (AV1) e após o treinamento (AV2), assim como antes do treinamento (AV1) e 60 dias após o término do treino (AV3) com intervalo de confiança de 95% também foi apresentada na tabela.

Tabela 14 - Resultados das medidas das escalas clínicas na avaliação inicial, avaliação final e retenção.

	Média da pontuação (Desv. Pad.) na AV1	Média da pontuação (Desv. Pad.) na AV2	Média da pontuação (Desv. Pad.) na AV3	Diferença das médias nas pontuações (Desv. Pad.) entre AV1 e AV2 [95% de diferença IC]	Diferença das médias nas pontuações (Desv. Pad.) entre AV1 e AV3[95% de diferença IC]
Functional Gait Assessment					
Grupo Experimental	25.38 ± 1.88	27.81 ± 2.07 ^{a, c}	27.44 ± 1.82 ^b	2.2 ± 4.4 [-3.4 a -0,5]	1.9 ± 3.7 [-3.6 a 0.1]
Grupo Controle	25.50 ± 1.97	25.69 ± 1.99 ^c	25.88 ± 1.59	0.2 ± 0.4 [-1.8 a 1.4]	0.4 ± 0.8 [-1.9 a 1.2]
Total	25.43 ± 1.88	26.75 ± 2.27	26.65 ± 1.85	1.2 ± 3.3[-2.4 a 0,003]	1.1 ± 3.1 [-2.3 a 0.1]
Montreal Cognitive Assessment					
Grupo Experimental	27.69 ± 1.64	28.50 ± 1.63 ^{a, c}	28.44 ± 1.59 ^{b, c}	0.8 ± 4.3 [1.5 a 0.2]	0.7 ± 4.0 [1.4 a 0.1]
Grupo Controle	26.75 ± 1.57	26.50 ± 1.59 ^c	26.81 ± 1.87 ^c	0.2 ± 1.3 [0.4 a -0.9]	0.1 ± 0.3 [0.7 a -0.6]
Total	27.21 ± 1.64	27.50 ± 1.88	27.62 ± 1.90	0.3 ± 2.0 [0.75 a -0.1]	0.4 ± 2.9 [0.7 a -0.2]

Legenda: Desv. Pad. = desvio padrão; AV1 = avaliação inicial; AV2 = avaliação final; AV3 = avaliação 60 dias após o término do treino, IC = Intervalo de confiança.

^a Pós-hoc Teste de Tukey: comparação AV1 x AV2: $P \leq 0.005$

^b Pós-hoc Teste de Tukey: comparação AV1 x AV3: $P \leq 0.05$

^c Pós-hoc Teste de Tukey: comparação inter-grupo (GC X GE) nas AV1, AV2 e AV3: $P \leq 0.05$

6.2.1. Escala clínica de avaliação da marcha

Os resultados obtidos na FGA (Figura-14) mostraram que houve uma interação significativa entre os fatores avaliação e grupo [RM-ANOVA; $F_{(2, 60)}=6,825$, $p=0,002$, poder observado=0,90]. O pós hoc teste de Tukey mostrou um melhora significativa após o treino que se manteve até 60 dias após o término do treino apenas para o grupo experimental. Mostrou ainda, que após o treino, este grupo mostrou um desempenho superior em comparação ao grupo controle (Tabela14).

Figura 14: Média da pontuação e respectivas barras verticais do intervalo de confiança de 95% da escala de avaliação da marcha *Functional Gait Assessment* (FGA) antes do treinamento (AV1), depois do treinamento (AV2) e na retenção de 60 dias (AV3) dos grupos controle (GC) e experimental (GE).

Assim, o treino associado ao *Nintendo Wii Fit Plus*® proporcionou efeitos superiores ao treino controle sobre o desempenho da marcha em condições complexas, avaliada pelo *Functional Gait Assessment*, que se manteve até 60 dias após o final do treino.

6.2.2. Escala clínica de avaliação cognitiva

A análise da pontuação na MoCA realizada por meio da ANOVA (Figura-15), nas avaliações AV1, AV2 e AV3 e nos grupos controle e experimental, mostrou uma interação significativa entre os fatores avaliação e grupo [ANOVA; $F_{(2,60)} = 4.10$; $P = 0.021$, poder observado=0,77]. O pós-teste de Tukey confirmou que houve uma melhora significativa entre a AV1 e AV2 e entre a AV1 e AV3 apenas para o grupo experimental. Adicionalmente, após o treino o grupo experimental mostrou uma pontuação significativamente superior ao grupo controle.

Figura 15: Média da pontuação e respectivas barras verticais do intervalo de confiança de 95% da escala de avaliação das funções cognitivas *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA) antes do treinamento (AV1), depois do treinamento (AV2) e 60 dias após o término do treinamento (AV3) dos grupos controle (GC) e experimental (GE).

Assim, o treino associado ao *Nintendo Wii Fit Plus*® proporcionou efeito superior ao treino controle sobre as funções cognitivas avaliadas pelo MoCA.

Finalmente, foi encontrada uma correlação significativa entre a diferença de pontuação na FGA e MoCA obtidas na avaliação após o treino [Correlação de Pearson ($P = 0.03$; $r = 0.46$)], o que indicou que a melhora no desempenho da marcha foi correlacionada com a melhora das funções cognitivas.

6.3. Medidas secundárias

Este estudo teve também como objetivo comparar os efeitos das duas formas de treino sobre o desempenho na marcha em condições complexas, funcionalidade e marcha em condição de simples e dupla tarefa. Assim, adotou-se como medidas secundárias: (1) Índice do Andar Dinâmico (IAD) para avaliar a marcha em condições complexas; (2) Escala Internacional de Eficácia de Quedas (FES-1) para avaliar a funcionalidade; (3) e o Teste da Marcha de 30 segundos para avaliar a marcha em condição de simples e dupla-tarefa.

Os valores médios e desvios padrão das pontuações obtidas nessas escalas nas avaliações inicial (AV1), final (AV2) e na retenção (AV3) podem ser observados na Tabela-15. A diferença das médias antes (AV1) e após o treinamento (AV2), assim como antes do treinamento (AV1) e 60 dias após o término do treino (AV3) com intervalo de confiança de 95% também foi apresentada na tabela.

Tabela 15 - Resultados das medidas das escalas clínicas na avaliação inicial, avaliação final e 60 dias após o término do treino.

	Média da pontuação (Desv. Pad.) na AV1	Média da pontuação (Desv. Pad.) na AV2	Média da pontuação (Desv. Pad.) na AV3	Diferença das médias nas pontuações (Desv. Pad.) entre AV1 e AV2 [95% de diferença IC]	Diferença das médias nas pontuações (Desv. Pad.) entre AV1 e AV3 [95% de diferença IC]
Índice do Andar Dinâmico					
Grupo Experimental	21.63 ± 1.31	23.06 ± 0.93 ^{a, c}	22.63 ± 0.96 ^b	1.3 ± 4.4 [-2.3 a -0.3]	0.75 ± 2.5 [-1.7 a 0.2]
Grupo Controle	21.31 ± 1.4	21.5 ± 1.32 ^c	21.56 ± 0.89	0.2 ± 0.6 [-1.2 a 0.9]	0.2 ± 0.8 [-1.3 a 0.7]
Total	21.46 ± 1.3	22.28 ± 1.4	22.09 ± 1.1	0.75 ± 3.2 [-1.5 a 0.02]	0.5 ± 2.1 [-1.3 a 0.3]
Escala Internacional de Eficácia de Quedas					
Grupo Experimental	26.00 ± 9.59	22.75 ± 7.19 ^a	22.69 ± 7.70 ^b	-3.2 ± 4.8 [-0.9 a 5.6]	3.3 ± 4.9 [-0.9 a 5.6]
Grupo Controle	27.25 ± 7.60	26.81 ± 8.45	27.00 ± 8.31	-0.4 ± 0.8 [1.5 a -2.3]	0.2 ± 0.5 [1.6 a -2.1]
Total	26.62 ± 8.54	24.78 ± 7.99	24.84 ± 8.18	-1.8 ± 4.0 [-0.3 a -3.3]	1.8 ± 4.0 [-0.3 a -3.3]
Teste da Marcha de 30 segundos em simples tarefa					
Grupo Experimental	43.8 ± 3.96	45.85 ± 3.49 ^{a, c}	45.6 ± 3.09 ^{b, c}	2.0 ± 1.6 [-5.5 a 1.4]	1.8 ± 1.6 [-20.37 a 57.92]
Grupo Controle	41.53 ± 3.3	41.56 ± 3.7 ^c	41.06 ± 3.04 ^c	1.1 ± 1.1 [-4.4 a 2.26]	0.5 ± 0.4 [-3.8 a 2.9]
Total	42.66 ± 3.77	43.70 ± 4.15	44.33 ± 4.04	1.0 ± 1.4 [-4.4 a 1.3]	1.6 ± 1.5 [-10.07 a 27.79]
Teste da Marcha de 30 segundos em dupla tarefa					
Grupo Experimental	40.65 ± 5.03	43.85 ± 3.04 ^{a, c}	43.07 ± 3.63 ^{b, c}	2.7 ± 2.5 [-6.3 a 0.8]	1.5 ± 1.4 [-5.1 a 2.1]
Grupo Controle	38.73 ± 4.15	39.30 ± 3.10 ^c	38.37 ± 3.7 ^c	1.2 ± 1.1 [-4.8 a 2.4]	0.4 ± 0.4 [-4.1 a 3.1]
Total	39.69 ± 4.64	41.57 ± 3.8	40.72 ± 4.34	1.9 ± 2.3 [-4.7 a 0.8]	1.0 ± 1.2 [-3.7 a 1.8]

Legenda: Desv. Pad. = desvio padrão; AV1 = avaliação inicial; AV2 = avaliação final; AV3 = avaliação 60 dias após o término do treino, IC = Intervalo de confiança.

^a Pós-hoc Teste de Tukey: comparação AV1 x AV2: $P \leq 0.005$

^b Pós-hoc Teste de Tukey: comparação AV1 x AV3: $P \leq 0.05$

^c Pós-hoc Teste de Tukey: comparação inter-grupo (GCXGE) nas AV1, AV2 e AV3: $P \leq 0.05$

6.3.1. Escala clínica de avaliação da marcha

A análise da pontuação do IAD realizada por meio da ANOVA (Figura-16) mostrou uma interação estatisticamente significativa entre os fatores avaliação e grupo [ANOVA; $F_{(2, 60)}=4,82$, $p=0,01$, poder observado= 0,90], indicando que as duas formas de treino tiveram diferentes efeitos. O pós-teste de Tukey confirmou que houve uma melhora significativa entre a AV1 e AV2 e entre a AV1 e AV3 apenas para o grupo experimental. . Mostrou ainda, que após o treino, este grupo mostrou um desempenho superior em comparação ao grupo controle.

Figura 16: Média da pontuação e respectivas barras verticais do intervalo de confiança de 95% da escala de avaliação da marcha Índice do Andar Dinâmico (IAD) antes do treinamento (AV1), depois do treinamento (AV2) e 60 dias após o término do treino (AV3) dos grupos controle (GC) e experimental (GE).

Assim, o treino associado ao *Nintendo Wii Fit Plus*® proporcionou efeitos superiores ao treino controle sobre o desempenho da marcha em condições complexas, avaliada pelo IAD, que se manteve até 60 dias após o final do treino.

6.3.2. Escala de avaliação da funcionalidade

A análise da pontuação do FES-I realizada por meio da ANOVA (Figura-17) mostrou uma interação significativa entre os fatores avaliação e grupo [ANOVA; $F_{(2,60)} = 3.84$; $P = 0.026$, poder observado = 0.71]. O pós-teste de Tukey confirmou que houve uma melhora significativa entre a AV1 e AV2 e entre a AV1 e AV3 apenas para o grupo experimental.

Figura 17: Média da pontuação e respectivas barras verticais do intervalo de confiança de 95% da escala de avaliação da funcionalidade Escala Internacional de Eficácia de Quedas (FES-I) antes do treinamento (AV1), depois do treinamento (AV2) e 60 dias após o término do treino (AV3) dos grupos controle (GC) e experimental (GE).

Desta forma, o treino associado ao *Nintendo Wii Fit Plus*® proporcionou efeitos superiores ao treino controle sobre a funcionalidade avaliada pela FES-I, que se manteve até 60 dias após o final do treino.

6.3.3. Teste de desempenho da marcha em simples e dupla tarefa

A análise do desempenho da marcha foi realizada por meio do Teste da marcha de 30 segundos em duas diferentes condições:

- (1) Marcha realizada de forma isolada, em simples tarefa;
- (2) Marcha realizada concomitantemente a uma tarefa cognitiva (dupla tarefa cognitiva).

A análise realizada da maior distância percorrida no teste pela ANOVA (Figura-18) em condição de tarefa simples mostrou que houve uma interação significativa entre os fatores avaliação e grupo [ANOVA; $F_{(2, 60)}=4,36$, $p=0,01$, poder observado=0,73]. O pós hoc teste de Tukey mostrou uma melhora significativa entre AV1 e AV2 e entre AV1 e AV3 apenas para o grupo experimental que se manteve até 60 dias após o final do treino. Adicionalmente, houve um aumento na distância percorrida após o treino apenas para o grupo experimental.

Figura 18: Melhor distância percorrida em metros e respectivas barras verticais do intervalo de confiança de 95% da escala de avaliação do desempenho da marcha em simples tarefa antes do treinamento (AV1), depois do treinamento (AV2) e 60 dias após o término do treino (AV3) dos grupos controle (GC) e experimental (GE).

A análise realizada da maior distância percorrida no teste pela ANOVA (Figura-19) em condição de dupla tarefa mostrou que houve uma interação significativa entre os fatores avaliação e grupo [ANOVA; $F_{(2, 60)}=3,40$, $p=0,03$, poder observado=0,80]. O pós hoc teste de Tukey mostrou uma melhora significativa entre AV1 e AV2 e entre A1 e AV3 apenas para o grupo experimental. Adicionalmente, houve um aumento na distância percorrida após o treino apenas para o grupo experimental.

Figura 19: Melhor distância percorrida em metros e respectivas barras verticais do intervalo de confiança de 95% da escala de avaliação do desempenho da marcha em dupla tarefa antes do treinamento (AV1), depois do treinamento (AV2) e 60 dias após o término do treino (AV3) dos grupos controle (GC) e experimental (GE).

Assim, apenas o treino associado ao *Nintendo Wii Fit Plus*® proporcionou melhora no desempenho da marcha condição de simples e dupla tarefa.

Em síntese, o treino associado *Nintendo Wii Fit Plus*® mostrou resultados superiores ao treino controle sobre: (1) o desempenho da marcha em condições complexas, avaliada pelo FGA e IAD; (2) a funcionalidade, avaliada pela FES-I; (3) o desempenho cognitivo, avaliado pelo MoCA; (4) o desempenho na marcha em condições simples, avaliada pelo teste da marcha de 30 segundos em simples tarefa; (5) e de divisão de atenção, avaliada pelo teste da marcha de 30 segundos em condição de dupla tarefa.

7. DISCUSSÃO

O principal objetivo deste estudo foi comparar os efeitos de um treinamento fisioterapêutico associado a jogos do *Nintendo Wii Fit Plus*® sobre o desempenho da marcha, das funções cognitivas e funcionalidade de idosos saudáveis com um treinamento convencional, tomado como controle.

Nossa principal hipótese foi que este tipo de treinamento fosse capaz de proporcionar benefícios superiores pelo fato de reunir diversos fatores facilitadores da aprendizagem, bem como proporcionar um desafio cognitivo acoplado ao desafio motor. Os resultados obtidos confirmaram essa hipótese à medida que mostraram que o treino associado aos jogos proporcionou uma melhora superior sobre todas as medidas avaliadas.

Assim, depreendem-se deste estudo três importantes evidências: (1) é possível melhorar o desempenho na marcha de idosos saudáveis por meio de jogos virtuais e seus efeitos apresentam repercussões positivas sobre a funcionalidade; (2) é possível melhorar a cognição de idosos saudáveis por meio do treino com jogos; e (3) a estimulação sensorial-motora e cognitiva integrada proporcionada pelos jogos mostra-se mais vantajosa em comparação à estimulação basicamente sensorial e motora, preconizada pelas abordagens fisioterapêuticas atuais, replicada no treino controle do estudo.

7.1. Melhora do desempenho na marcha de idosos por meio do treino associado a jogos virtuais

A primeira importante evidência deste estudo é que é possível melhorar o desempenho na marcha frente a diferentes níveis de complexidade por meio de treinamentos com jogos virtuais, mesmo que estes não envolvam um treino de marcha propriamente dito. Isto porque, dos 10 jogos selecionados para o treinamento deste estudo, 6 deles exigiam como demanda motora tarefas estacionárias (*torso twist*, *single leg extension*, *heading soccer*, *table tilt*, *tilt city* e *penguin slide*), envolvendo predominantemente o controle de equilíbrio. Apenas 4 jogos exigiam alternância de passos (*basic step*) ou marcha estacionária (*basic run*, *rhythm parade* e *obstacle course*).

Nestes jogos, habilidades da marcha como transferência de peso, apoio unipodal, tríplice flexão e a recepção do passo (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003) eram treinadas, entretanto aspectos importantes como o deslocamento anterior contínuo do centro de massa próprio da marcha, dissociação de cinturas associada e impulsão (LACQUANITI;

IVANENKO; ZAGO, 2012) não eram experimentadas, já que a alternância de passos se dava de forma estacionária. Cabe ressaltar que mesmo na ausência do deslocamento progressivo real, o avatar projetado na tela exibia um deslocamento contínuo no ambiente virtual dos jogos. Desta maneira, podemos afirmar que por meio de um foco atencional externo, ou seja, na observação do resultado do próprio movimento repercutido no resultado do movimento realizado pelo avatar, os sujeitos do estudo realizaram um tipo de prática observacional (WULF; SHEA; LEWTHWAITE, 2010).

A prática observacional é considerada um método facilitador do aprendizado de tarefas motoras simples e complexas, principalmente quando associada à prática física (SHEA et al., 2000). Aparentemente, quando as duas práticas são realizadas concomitantemente, estruturas neuronais importantes no aprendizado são ativadas, como o córtex pré-motor, área motora suplementar, lóbulo parietal inferior, giro cingulado e cerebelo (WULF; SHEA; LEWTHWAITE, 2010). Na maioria dos jogos, os sujeitos eram estimulados a num primeiro momento imitar os movimentos gerados por um avatar projetados na tela, para depois controlá-los por meio dos seus próprios movimentos. Neste caso, podemos sugerir que a prática observacional (observar o avatar) associada à prática física contribuiu na melhora do desempenho da marcha.

Outro ponto importante foi o aspecto motivacional relacionado aos jogos. Chiviacowsky e Wulf (2007), após treinarem jovens a praticar uma tarefa motora por meio do conhecimento do resultado positivo e negativo observaram que os jovens que receberam o conhecimento positivo da tarefa treinada apresentaram melhor desempenho na retenção da tarefa quando esta era realizada sem nenhum tipo de realimentação. Os autores concluíram que a realimentação positiva, ou seja, o conhecimento do resultado das tentativas realizadas com sucesso pode exercer impacto positivo no aprendizado final de uma tarefa. Sendo assim, a pontuação dada ao final de cada tentativa dos jogos pode ter contribuído para o aspecto motivacional do aprendizado nos idosos. Além disso, por meio da pontuação gerada pelo jogo, os idosos tinham conhecimento do desempenho no jogo já na primeira tentativa, pois cada jogo era realizado duas vezes por sessão. Isto, por sua vez, os desafiava a melhorar sua pontuação na segunda tentativa do jogo.

Outro aspecto importante do estudo foi que os ganhos provenientes do treinamento com os jogos não foram restritos às tarefas virtuais treinadas. Pôde-se observar a transferência das tarefas treinadas para habilidades não treinadas, evidenciada pela melhora significativa nas pontuações das escalas que avaliaram o desempenho da marcha e a funcionalidade dos idosos. Sem dúvida, este é um dos pontos mais importantes na validação deste tipo de

treinamento, pois reflete a possibilidade de generalização das habilidades treinadas em ambiente virtual para a vida real (BAVELIER, 2012).

Na literatura, os poucos estudos que a investigaram mostram o *Nintendo Wii Fit Plus®* como um bom recurso para a generalização de tarefas treinadas para habilidades da vida cotidiana. Em um estudo de caso de Clark e Kraemer (2009), que investigou o efeito do Nintendo Wii na melhora do equilíbrio estático e dinâmico de um idoso, os autores observaram boa generalização da prática treinada para o dia-a-dia do idoso mensurada pelos instrumentos Escala de Equilíbrio de Berg, Índice do Andar Dinâmico e *Timed Up and Go Test*.

Outros estudos que investigaram os efeitos obtidos por meio da prática de jogos de videogame mostraram transferência das habilidades treinadas para as não treinadas em: 10 idosos submetidos a 2 semanas de treino com *Nintendo Wii Fit Plus®*, mensuradas pelos instrumentos Escala de Equilíbrio de Berg, *Activities-Balance Confidence Scale*, e *Timed up and Go Test* (PIGFORD; ANDREWS, 2010); em 40 idosos submetidos a 18 sessões de videogame, mensurada pela diminuição da velocidade da marcha (RENDOM et al., 2012); e em 22 idosos submetidos a 12 sessões com *Nintendo Wii Fit Plus®*, mensuradas pela Escala de Equilíbrio de Berg (WILLIAMS et al., 2011).

Por outro lado, nenhum dos estudos citados investigou a manutenção dos ganhos obtidos pelos sujeitos por meio das intervenções propostas. No presente estudo, ficou clara a manutenção dos ganhos obtidos com o treino dos jogos por até 60 dias após o término do treino. Sendo assim, que tenhamos conhecimento, este é o primeiro estudo com idosos saudáveis que mostrou ser possível melhorar o desempenho da marcha em condições reais por meio de treino com videogame e que os ganhos podem ser mantidos por até 60 dias após o término do treino.

7.2. Melhora das funções cognitivas de idosos por meio do treino associado a jogos virtuais

A segunda importante evidência é que é possível melhorar o desempenho cognitivo de idosos por meio de videogame. Os resultados mostraram uma melhora no desempenho das tarefas cognitivas da *Montreal Cognitive Assessment* (MoCA), fundamentalmente no domínio das funções executivas que engloba os três testes mais utilizados para a avaliação das mesmas (teste de trilhas, reprodução do cubo e construção do relógio) (BLE et al., 2005), que se manteve após o término do treino. Esta evidência corrobora com os resultados obtidos por

Basak et al. (2008), que mostrou melhora significativa das habilidades visuoespaciais em idosos após a prática de 23,5 horas de jogos de videogame.

Mais uma vez, a questão principal consiste se a melhora obtida nos jogos pode repercutir positivamente na vida diária dos idosos. Ackerman, Kanfer e Calderwood (2010) após observarem melhora significativa no desempenho de idosos nas tarefas treinadas do jogo *Wii Big Brain Academy* concluíram que não houve transferência das habilidades cognitivas treinadas para as não treinadas. Porém os autores acreditam que mesmo não sendo possível constatar esta transferência por meio de medidas clínicas, a melhora cognitiva desses idosos pode ser observada nas tarefas cotidianas.

Entretanto, Peretz et al., (2011) em seu ensaio clínico, controlado e randomizado mostrou que uma intervenção cognitiva e computadorizada pode melhorar domínios cognitivos como atenção, memória operacional visuoespacial e funções executivas de idosos principalmente se for aplicada de forma personalizada. Da mesma forma, Nouchi et al., (2012) em um ensaio clínico, controlado e randomizado em idosos, o treino cognitivo guiado pelo videogame *Brain Age* da Nintendo mostrou-se eficiente na melhora das funções executivas e da velocidade de processamento de respostas mensuradas por vários testes cognitivos. Para os autores, tais achados sugerem que tanto o treino por meio do jogo quanto a transferência das habilidades cognitivas podem compartilhar a mesma região cerebral, o córtex pré-frontal, e que o efeito de transferência do treino para as funções executivas e velocidade de processamento podem ser mediadas também pela região pre-frontal.

Como o MoCA tem se mostrado um teste eficiente para avaliar diferentes funções cognitivas com repercussão na vida diária (BERTOLUCCI; SARMENTO; WAJMAN, 2008), nossos resultados sugerem que as funções cognitivas treinadas pelos jogos tiveram uma transferência positiva para tarefas que exigiam as mesmas funções em um contexto completamente diferente do treinado. Assim, no presente estudo, as habilidades cognitivas treinadas por meio de jogos não ficaram restritas às tarefas treinadas.

Os estudos prévios que demonstraram melhora de funções cognitivas em idosos por meio de jogos virtuais exigiam baixa demanda motora, considerando que os sujeitos jogavam na posição sentada e que as respostas se limitavam a movimentos de mãos e braços (BASAK et al., 2008; NOUCHI et al., 2012).

No presente estudo, a proposta foi selecionar jogos que fossem executados na postura bípede, em sua grande maioria sobre a *Wii Balance Board*®, ao mesmo tempo que oferecessem desafios que exigissem diferentes funções cognitivas, como: atenção sustentada, necessária para acompanhar os estímulos na tela (*Torso twist, Single leg extension, Basic*

step); atenção dividida, necessária para jogos que exigiam divisão da atenção entre as respostas de membros superiores e inferiores (*Rhythm parade, Tilt city*) e entre o desempenho na marcha e informações presentes na tela (*Basic run plus*); memória operacional, sobrecarregada nos jogos que exigiam manutenção de informações a serem resgatadas apenas após o término dos jogos (*Basic run plus*); tomadas de decisões, estimuladas nos jogos que exigem escolha da estratégia mais eficiente para atingir o objetivo (*Obstacle course, Heading soccer*); planejamento, exigido nos jogos que demandam planejamento antecipado das ações para se atingir um objetivo (*Table tilt, Tilt city, Penguin slide, Obstacle course*), flexibilidade de respostas, exigida nos jogos que envolvem mudança de estratégia (*Obstacle course*); e monitorização de resposta (*Obstacle course*), exigida para a utilização eficiente da realimentação fornecida pelos jogos, associados a respostas motoras mais complexas.

Assim, do nosso conhecimento, este é o primeiro estudo que mostra que é possível treinar funções executivas de idosos em condições de demanda motora alta, particularmente a postural. Como possível vantagem, o treino sob demandas motoras e cognitivas associadas poderia favorecer não só a melhora de cada uma dessas funções, como também a sua integração.

Além disso, considerando as evidências de que o declínio de funções cognitivas está associado a alterações na eficiência da marcha (MIELKE et al., 2012), a melhora das funções executivas pelos jogos por si só já poderia levar a uma melhora no desempenho motor de idosos. De fato, alguns estudos têm mostrado repercussões positivas nas respostas motoras de idosos em decorrência da melhora cognitiva por meio de tratamento com fármacos (BEN-ITZHAK et al., 2008; MONTERO-ODASSO et al., 2009). Outros estudos mostraram o mesmo após o treinamento cognitivo por meio de tarefas computadorizadas (LI et al., 2010; VERGHESE et al., 2010). Desta maneira, a melhora cognitiva, especificamente das funções executivas, após o treino associado aos jogos poderia por si só ter contribuído para uma melhora do desempenho motor dos idosos.

7.3. Superioridade do treino associado a jogos virtuais em comparação ao treino convencional

A terceira e mais importante evidência deste estudo é que os efeitos do treino associado aos jogos são superiores ao treino convencional, tomado como controle neste estudo. Segundo Silva et al. (2008) e Protas e Tissier (2009) as principais recomendações para o treino de marcha em idosos são os que preconizam a força muscular. Já para,

Cristopoliski et al. (2009), Rodacki et al. (2009) e Watt et al. (2012), treinos baseados em alongamento dos membros inferiores também são recomendados. Para VanSwearingen et al. (2011), a melhora no desempenho da marcha pode ser obtida por meio do treinamento de alternância de passos. Já para Jacobson et al. (2011) e Martínez-Amat et al. (2012), esta melhora pode ser alcançada por meio de treinos que primeiramente visem a melhora do equilíbrio e controle postural.

No presente estudo, o treinamento tomado como controle contemplou todos os aspectos citados à medida que os exercícios utilizados envolviam força e elasticidade muscular, exercícios de equilíbrio e alternância de passos. Essas diretrizes também guiaram a escolha das demandas motoras dos jogos. Assim, para isolar os possíveis fatores vantajosos dos jogos, como a demanda cognitiva e os fatores facilitadores da aprendizagem, buscamos a maior similaridade possível entre os movimentos desenvolvidos nos dois tipos de treinamento, bem como na quantidade de repetições. Desta forma, os resultados superiores encontrados para o treino acoplado aos jogos podem ser fortemente atribuídos à associação entre a demanda motora e cognitiva dos jogos, além da presença de fatores facilitadores da aprendizagem supracitados.

Outro aspecto importante que merece destaque é que, contrapondo os resultados de Bateni et al. (2012), o qual treinou três grupos de idosos (somente Wii; somente fisioterapia; Wii + fisioterapia) e obteve melhora das respostas de equilíbrio para os três grupos com pequena vantagem para o grupo que realizou a fisioterapia associada aos jogos, nossos resultados não mostram efeitos importantes do treino convencional sobre a marcha, funções cognitivas e funcionalidade.

Laver et al. (2011) comparou os efeitos da intervenção baseada em jogos do *Nintendo Wii Fit*® e uma intervenção fisioterapêutica convencional sobre a velocidade da marcha de idosos hospitalizados, mensurada pelo TUG. Os resultados foram parecidos com os de Bateni et al. (2012), mostrando que os dois grupos se beneficiaram com os treinamentos melhorando o desempenho da marcha, com uma pequena vantagem para o grupo que treinou por meio do *Nintendo Wii Fit*®.

Possivelmente, o principal motivo que contribuiu para que não tenha ocorrido nenhuma melhora após o treino convencional foram as características da casuística do presente estudo que, propositalmente, foi composta por idosos saudáveis que não apresentavam alterações importantes da marcha bem como comprometimento cognitivo detectável. Tomando como referência uma das nossas medidas primárias, a escala de avaliação do desempenho da marcha *Functional Gait Assessment*, a média da pontuação dos

idosos foi de aproximadamente 25, enquanto os valores normativos para risco de quedas é de 22 (WRYSLY; KUMAR, 2010). Sendo assim, o presente estudo caracteriza-se numa abordagem interventiva preventiva.

O fato de apenas o treino associado aos jogos ter proporcionado melhorias expressivas em todas as medidas analisadas, indica que um treinamento mais complexo que possui diversos fatores facilitadores da aprendizagem e que estimula a integração de funções motoras e cognitivas, é capaz de proporcionar melhoras mesmo em idosos que ainda não apresentam sinais de declínio motor e cognitivo importantes. Esta é sem dúvida a maior contribuição deste estudo, pois indica que treinamentos mais complexos e integrados podem combater o declínio motor e cognitivo precocemente. Dois resultados que favorecem essa interpretação merecem destaque: (1) a correlação entre a melhora do desempenho da marcha e da cognição; e (2) a melhora da velocidade da marcha em tarefa dupla, restrita aos idosos que realizaram o treino associado aos jogos.

O primeiro resultado destacado evidencia que os jogos proporcionaram condições de treino que favoreceram uma melhora integrada das duas habilidades. Evidências mostram que alterações cognitivas estão associadas às alterações da marcha, principalmente caracterizadas por redução da velocidade e aumento da variabilidade dos passos (HAUSDORF et al., 2005; BEAUCHET et al., 2005). Isto, por sua vez, está associado a maior suscetibilidade a quedas (MONTERO-ODASSO et al., 2009).

Desta forma, treinamentos que possibilitem o treino simultâneo das funções motoras e cognitivas podem possibilitar que as mesmas não só se integrem como se reforcem. Esta é a principal conclusão e recomendação para estudos futuros de uma importante revisão realizada por Segev-Jacubovski et al. (2011), sobre as interações entre as alterações cognitivas, de marcha e quedas e sobre o potencial de terapias cognitivas para a redução do risco de quedas, ao afirmarem reconhecerem a eficiência da terapia cognitiva isolada para reduzir o risco de quedas e ao mesmo tempo sugerindo que intervenções multifatoriais possam ser ótimas para a melhora dos domínios motor, cognitivo e possivelmente comportamental e educativo.

A melhora da velocidade da marcha em tarefa dupla foi restrita aos idosos que realizaram o treino associado aos jogos. Há evidências de que os idosos possuem redução da eficiência no controle automático dos movimentos (HAUSDORFF et al., 2005), tornando-se mais dependentes da atenção para controlar a marcha e a estabilidade (YOGEV-SELIGMANN; HAUSDORFF; GILADI, 2012). Hausdorff (2008), em um estudo com 228 idosos, mostrou que mesmo idosos considerados saudáveis com desempenho próximo ao máximo em testes de equilíbrio, mobilidade e cognição, comparáveis portanto com os do

presente estudo, apresentavam alterações no padrão de marcha em condições de dupla tarefa. Estudos mostram que o treino da marcha associado a uma tarefa cognitiva pode promover o aumento da velocidade da marcha em condição de dupla tarefa (VALLIANT et al., 2006; SILSUPADOL et al., 2009), em condição de simples tarefa (VALLIANT et al., 2006; HALVARSSON et al., 2011), bem como melhorar a funcionalidade de idosos (HALVARSSON et al., 2011).

No presente estudo, o fato da melhora da velocidade da marcha em dupla tarefa ser restrita ao grupo treinado com videogame pode ser atribuída às condições de treino que exigem um controle mais automático da marcha e do equilíbrio à medida que a atenção está voltada para a tela com a intenção de processar os estímulos e controlar o avatar, buscando atingir a maior pontuação no jogo.

Além dessas condições presentes em todos os jogos, alguns jogos exigem a divisão de atenção entre movimentos de membros superiores e inferiores e entre uma tarefa motora e outra puramente cognitiva. Wu et al. (2012) em um estudo com imageamento cerebral durante uma dupla tarefa, mostrou que as áreas adicionalmente ativadas nessa condição estavam localizadas fundamentalmente no cerebelo e no pré-cuneo, áreas responsáveis, segundo os autores, pela integração das redes neurais envolvidas no processamento motor e cognitivo. Assim, o treinamento associado aos jogos pode ter aumentado a eficiência nessa integração do processamento paralelo de informações. Reforça esta hipótese o estudo de Lee (2012) que mostrou, em jovens, que após o treinamento em um vídeo game com alta demanda cognitiva houve uma redução da atividade na região do pré-cuneo, dentre outras áreas. Esta redução de atividade pode ser atribuída ao aumento da eficiência do processamento neural.

Outro estudo que investigou os efeitos do mesmo tipo de jogo na atividade cerebral, no qual trinta e nove jovens foram submetidos a 20 horas de prática do jogo *Space Fortress* duas vezes na semana, durante cinco semanas, mostrou um aumento da conectividade das redes neurais fronto-parietais, implicadas na atenção bem como a interação dos sistemas fronto-executivos e fronto-declarativos (VOSS et al. 2012). Tais evidências reforçam a hipótese de que o treinamento associado aos jogos possa ter melhorado o processamento neural em condições de dupla tarefa.

Segundo Venkatraman et al. (2010), nos idosos, o alto desempenho em tarefas complexas está correlacionado a picos de ativação das regiões responsáveis, segundo os autores, pelo controle das funções executivas. O fato dos jogos exigirem a integração de estímulos proprioceptivos e vestibulares, para controlar a posição real do corpo, com estímulos auditivos e visuais provenientes da movimentação do avatar, poderia ser mais um

fator importante para reduzir o controle atencional em tarefas complexas, como a marcha, à medida que estimularia a integração multisensorial.

Outro fator que pode ter contribuído para a melhora da marcha em dupla tarefa foi a melhora cognitiva decorrente do treino com os jogos, especificamente das funções executivas. Estudos mostram que a associação entre as alterações das funções executivas e da marcha se tornam mais evidentes em condições de dupla tarefa (YOGEV, et al., 2005; SPRINGER et al., 2006; LAMOTH et al., 2011).

Considerando que a marcha na vida cotidiana frequentemente exige o gerenciamento paralelo de outras tarefas, a melhora do desempenho da marcha em dupla tarefa é uma importante vantagem do treino associado aos jogos.

Desta maneira, podemos considerar que a principal contribuição clínica do presente estudo é que o treinamento guiado por jogos virtuais mostrou-se uma alternativa eficiente na melhora de funções comprometidas em idosos, como a eficiência da marcha e as funções cognitivas, considerando os efeitos superiores desta abordagem comparados a formas convencionais de treino de equilíbrio e marcha.

A presença de critérios que incluíram idosos saudáveis e ativos na comunidade, que não relatavam ocorrência de quedas e não apresentavam comprometimento cognitivo bem como alterações da marcha, podem ser considerados limitações do presente estudo, sendo essas as principais direções para estudos futuros.

Desta forma, é de suma importância estudos que investiguem: (1) os efeitos do uso do videogame em indivíduos com risco eminente de quedas e comprometimento cognitivo leve em comparação a abordagem fisioterapêutica convencional; (2) os efeitos do uso do videogame nas funções cognitivas e na motivação incluindo testes neuropsicológicos e psicológicos; (3) a transferência das habilidades cognitivas por meio do treinamento cognitivo isolado e da prática dos jogos virtuais; (4) e os efeitos de jogos virtuais que requerem baixa demanda cognitiva com jogos virtuais mais desafiadores, para investigar a influência da complexidade das tarefas treinadas no desempenho motor e cognitivo.

8. CONCLUSÃO

O treinamento fisioterapêutico associado a jogos do *Nintendo Wii Fit Plus*® mostrou-se mais eficiente na melhora da eficiência da marcha, das funções cognitivas e da funcionalidade de idosos saudáveis em comparação ao treinamento convencional atualmente preconizado, o que indica que o videogame pode ser uma ferramenta complementar útil ao tratamento fisioterapêutico voltado para a prevenção precoce das alterações cognitivas e motoras em idosos.

REFERÊNCIAS¹

- ACKERMAN, P.L.; KANFER, R.; CALDERWOOD, C. Use it or lose it? Wii brain exercise practice and reading for domain knowledge. *Aging*, v. 25, n. 4, p. 753-766, 2010.
- ALBANI, G. et al. Common daily activities in the virtual environment: a preliminary study in parkinsonian patients, *Neurological sciences: official journal of the italian*, v.23, Supp. 2, p. 49-50, 2002.
- ALEXANDROV, A. V. et al. Feedback equilibrium control during human standing. *Biological cybernetics*, v. 93, p. 309–322, 2005.
- ALMEIDA, O. P.; ALMEIDA, S. A. Confiabilidade da versão brasileira da escala de depressão em geriatria (GDS) versão reduzida. *Arquivos de neuropsiquiatria*, v. 57, n. 2b, p. 421-426, 1999.
- AL-YAHYA, E. et al. Cognitive motor interference while walking: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience and Behavioral Reviews*, v. 35, p.715-728, 2011.
- AVELAR, N. C. P. et al. Effectiveness of aquatic and non-aquatic lower limb muscles endurance raining in the static and dynamic balance of elderly. *Revista brasileira de fisioterapia*, v. 14, n. 3, p. 229-36, 2010.
- AVILA, R. et al. Influence of education and depressive symptoms on cognitive function in the elderly. *International psychogeriatrics*, v. 21, n.3, p. 560-507, 2009.
- BARTHELEMY, D., NIELSEN, J.B. Corticospinal contribution to arm muscle activity during human walking. *The journal of physiology*, v. 588, n. 6, p. 967-979, 2010.
- BASAK, C. et al. Can training in a real-time strategy video game attenuate cognitive decline in older adults? *Psychology and aging*, v. 23, n. 4, p. 765–777, 2008.
- BASAK, C. et al. Regional differences in brain volume predict the acquisition of skill in a complex real-time strategy videogame. *Brain and cognition*, v.76, p. 407–414, 2011.
- BATENI, H. et al. Changes in balance in older adults based on use of physical therapy vs the Wii Fit Gaming system: a preliminary study. *Physiotherapy*, v.98, p.211–216, 2012.
- BAVELIER, D. et al. Brain plasticity through the life span: learning to learn and action video games. *Annual review of neuroscience* , n. 5, p. 391–416, 2012.
- BEAUCHET, O. et al. Stride-to-stride variability while backward counting among healthy young adults. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, v. 2, n. 26, p. 1-8, 2005.
- BEN-ITZAK, R. et al. Can methylphenidate reduce fall risk in community-living older adults? A double-blind, single-dose cross-over study. *Journal of the american geriatrics society*, v. 56, 695–700, 2008.

¹ De acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

BERTOLUCCI, P.H.F. et al. O mini exame do estado mental em uma população geral: impacto da escolaridade. *Arquivos de neuro-psiquiatria*, v. 4, n.52, p.1-7, 1994.

BERTOLUCCI, P. H.; SARMENTO, A. L. R.; WAJMAN, J. R. Brazilian Portuguese version for the Montreal Cognitive assessment (MoCA) and the preliminary results. Presented at Alzheimer's Association International Conference on Alzheimer's Disease. *Alzheimer's and Dementia*, v. 4, n. 4, p.686, 2008. Supplement 1.

BISSON, E. et al. Functional balance and dual-task reaction times in older adults are improved By virtual reality and biofeedback training. *Cyberpsychology & behavior*, v. 10, n. 1, p. 16-23, 2007.

BLE, A. et al. Executive function correlates with walking speed in older persons: *The InCHIANTI study*. Journal of American Geriatrics Society, v. 53, p. 410-415, 2005.

BOOT, W. R., BLAKELY, D., SIMONS, D. Do action videogames improve perception and cognition. *Frontiers in psychology*, v. 2, p. 1-6, 2011.

BRUCKI, M. D. et al. Sugestões para o uso do mini-exame do estado mental no Brasil. *Arquivos de neuro-psiquiatria*, v. 61, n.3, p. 777-781, 2003.

BRUIN, E. D.; SHMIDT, A. Walking behaviour of healthy elderly: attention should be paid. *Behavioral and brain functions*, v. 6, n. 59, p. 1-8, 2010.

BURDEA, G. C. Virtual rehabilitation: benefits and challenges. *Methods of Information in Medicine*, v. 42, p. 519–523, 2003.

CHIVIAKOWSKY, S.; WULF, G. Feedback after good trials enhances Learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v. 78, p. 40-47, 2007.

CLARK, R.; KRAEMER, T. Clinical use of nintendo wii™ bowling simulation to decrease fall risk in an elderly resident of a nursing home: a case report. *Journal of geriatric physical therapy*, v. 32, n. 4, p. 174-180, 2009.

COPPIN, A. K. et al. Association of executive function and performance of dual-task physical tests among older adults: analyses from the InChianti study. *Age Ageing*, v. 35, p. 619-624, 2006.

COYNE, C. Video games in the clinic: PTs report early results. *Magazine of Physical Therapy*, v. 16 n. 5, p. 23-28, 2008.

CRISTOPOLISKI, F. et al. Stretching exercise program improves gait in the elderly, *Gerontology*, v. 55, p. 614–620, 2009.

CUNNINGHAM, D.; KRISHACK, M. Virtual reality: a holistic approach to rehabilitation. *Studies in health technology and informatics*. v. 62, p. 90-93, 1999.

- DAS, D. A. et al. The efficacy of playing a virtual reality game in modulating pain for children with acute burn injuries: A randomized controlled trial. *BMC Pediatrics*, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2005.
- DE CASTRO, S. M.; PERRACINI, M. R.; GANANÇA, F. F. Versão brasileira do Dynamic Gait Index. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, v. 72, n. 6, p. 817-825, 2006.
- DEUTSCH, J. E. et al. Use of a low-cost, commercially available gaming console (Wii) for rehabilitation of an adolescent with cerebral palsy. *Physical Therapy*, v. 88, n. 10, p. 1196-1207, 2008.
- DIETZ, V. Spinal cord pattern generators for locomotion. *Clinical Neurophysiology*, v. 114 p. 1379-1389, 2003.
- DYE, M.W.; GREEN, C. S.; BAVELIER, D. Increasing speed of processing with action video games. *Current Directions in Psychological Science*. v. 18, p.321-326, 2009.
- FENG, J.; SPENCE, I., PRATT, J. Playing an action videogame reduces gender differences in spatial cognition. *Psychological Science*, v.18, p. 850–855, 2007.
- GAGE, W. H. et al. The allocation of attention during locomotion is altered by anxiety. *Experimental Brain Research*, v. 150, p. 385-394, 2003.
- GIL-GÓMEZ, J. A. et al. Effectiveness of a Wii balance board-based system (eBaViR) for balance rehabilitation: a pilot randomized clinical trial in patients with acquired brain injury, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v. 8, n. 30, p. 1-9, 2011,
- GRANACHER, U. et al. Effects of a salsa dance training on balance and strength performance in older adults. *Gerontology*, v. 58, p. 305-312, 2012.
- GREEN C. S., BAVELIER, D. Action video games modify visual selective attention. *Nature*, v. 423, p. 534–537, 2003.
- GREEN, C. S., POUGET, A., BAVELIER, D. Improved probabilistic inference as a general learning mechanism with action video games. *Current Biology*, v. 20, p.1573–1579, 2010.
- GREEN, C. S.; BAVELIER, D. Action video game experience alters the spatial resolution of vision. *Psychological Science*, v.18, p. 8894, 2007.
- GRILLNER, S. et al. Mechanisms for selection of basic motor programs – roles for the striatum and pallidum. *Trends in neurosciences*, v. 28, n. 7, p. 364-370, 2005.
- GRILLNER, S. et al. Neural bases of goal-directed locomotion In vertebrates—an overview. *Brain research reviews*, v. 57, p. 2-12, 2008.
- HALVARSSON, A. et al. Effects of new, individually adjusted, progressive balance group training for elderly people with fear of falling and tend to fall: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, v. 25, n. 11, p. 1021-1031, 2011

- HAUSDORFF, J. M. et al. Dual-task decrements in gait: contributing factors among healthy older adults. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, v. 63A, n. 12, p. 1335-1343, 2008.
- HAUSDORFF, J. M. et al. Walking is more like catching than tapping: gait in the elderly as a complex cognitive task. *Experimental Brain Research*, v. 164, p. 541-548, 2005.
- HOLDEN, M. Virtual environments for motor rehabilitation: review, *Cyberpsychology & behavior*, v. 8, n. 3, p. 187-211, 2005.
- HOLTZER, R.; WANG, C.; VERGHESE, J. The relationship between attention and gait in aging: facts and fallacies, *Motor Control*, v. 16, n. 1, p. 64–80, 2012.
- HORLINGS, C. G. C. et al. Influence of virtual reality on postural stability during movements of quiet stance. *Neuroscience Letters*, v. 451, p. 227-231, 2009.
- JACOBSON, B. H. et al. Independent static balance training contributes to increased stability and functional capacity in community-dwelling elderly people: a randomized controlled trial, *Clinical Rehabilitation*, v. 25, n. 6, p. 549-556, 2011.
- JAHN, K.; ZWERGAL, A.; SHINIEPP, R. Gait disturbances in old age, *Deutsches Ärzteblatt International*, v. 107, n. 17, p. 306–316, 2010.
- JECKEL-NETO, E. A.; CUNHA, G. L. Teorias do envelhecimento. In: FREITAS, E. V. (ORG). *Tratado de geriatria e gerontologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006
- JUNIOR, C. M. P.; HECKMAN, M. F. Distúrbios da postura, marcha e quedas. In: FREITAS, E. V. (ORG). *Tratado de geriatria e gerontologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 950-960.
- JUNIOR, P. F.; BARELA, J. A. Alterações no funcionamento do sistema de controle postural de idosos. Uso da informação visual. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, v. 6, n. 1, p. 94-105, 2006.
- KEMPER, S. et al. Aging and the vulnerability of speech to dual task demands. *Psychology and Aging*, v. 25, p. 949-962, 2010.
- KIZONY, R. et al. Video-capture virtual reality system for patients with paraplegic spinal cord injury. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, v. 42, n. 5, p. 595-608, 2005.
- KLIEM, A.; WIEMEYER, J. Comparison of a traditional and a video game based balance training program. *International Journal of Computer Science in Sport*, v. 9, p. 80-91, 2008.
- LACQUANITI, F.; IVANENKO, Y. P.; ZAGO, M. Patterned control of human locomotion. *The Journal of Physiology*, v. 590, n. 10, p. 2189–2199, 2012.
- LAESSOE, U. et al. Residual attentional capacity amongst young and elderly during dual and triple task walking. *Human Movement Science*, v. 27, p. 496–512, 2008.

- LAMOTH, C. J. et al. Gait stability and variability measures show effects of impaired cognition and dual tasking in frail people. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, v. 8, n. 2, p. 1-9, 2011.
- LANDI, F. et al. Sarcopenia as a risk factor for falls in elderly individuals: Results from the iLSIRENTE study. *Clinical Nutrition*, v. 31, p. 652-658, 2012.
- LAVER, K. et al. Is the nintendo wii fit really acceptable to older people?: a discrete choice experiment. *BMC Geriatrics*, v. 11, p. 348-357, 2011.
- LEE, H. et al. Videogame training strategy-induced change in brain function during a complex visuomotor task. *Behavioural Brain Research*, v. 232, p. 348-357, 2012.
- LI, K. Z. et al. Walking while memorizing: age-related differences in compensatory behavior under dual-task conditions. *Psychological Science*, v. 12, p. 230-237, 2010.
- MARCHANT, D. C.; CLOUGH, P.J.; CRAWSHAW, M. The effects of attentional focusing strategies on novice dart throwing performance and their task experiences. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, v. 5, p.291-303, 2007.
- MARIONI, G. et al. Vestibular rehabilitation in elderly patients with central vestibular dysfunction: a prospective, randomized pilot study. *Age (Dordrecht, Netherlands)*, p. 22-28, 2012.
- MARTÍNEZ-AMAT, A. et al. Effects of 12-week proprioception training program on postural stability, gait and balance in older adults: a controlled clinical trial, *Journal of Strength and Conditioning Research*, p. 35-43, 2012.
- MASSION, J. Postural control systems in developmental perspective. *Neuroscience and Behavioral Reviews*, v. 22, n. 4, p. 465–472, 1998.
- MENDES, F. A. d. S. et al. Motor learning, retention and transfer after virtual-reality-based training in Parkinson's disease – effect of motor and cognitive demands of games: a longitudinal, controlled clinical study. *Physiotherapy*, v. 98, p. 217–223, 2012.
- MERIAN, A. S. et al. Virtual reality–augmented rehabilitation for patients following stroke. *Physical Therapy*, v. 82 . n. 9 . p. 898-915, 2002.
- MIELKE, M. M. et al. Assessing the temporal relationship between cognition and gait: slow gait predicts cognitive decline in the mayo clinic study of aging. *Journals of Gerontology*, 2012.
- MILAT, A. J. et al. Prevalence, circumstances and consequences of falls among community-dwelling older people: results of the 2009 NSW Falls Prevention. *New South Wales Public Health Bulletin*, v. 22, p. 43–48, 2011.
- MIYAMOTO, S.T. et al. Brazilian version of the Berg balance scale. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v. 37, p. 1411-1421, 2004.

MONTERO-ODASSO, M. et al. Dual-tasking and gait in people with mild cognitive impairment. The effect of working memory. *BMC Geriatrics*, v. 9, p. 41-49, 2009.

MORIE, M. et al. Habitual physical activity levels are associated with performance in measures of physical function and mobility in older men. *Journal of the American Geriatrics Society*, v. 58, n. 9, p. 1727-1733, 2010.

NOUCHI, R. et al. Brain training game improves executive functions and processing speed in the elderly: A randomized controlled trial. *PLoS One*, v. 7, n.1, 2012.

OHSUGI, H. et al. Differences in dual-task performance and prefrontal cortex activation between younger and older adults. *BMC Neuroscience*, v. 14, p. 10-19, 2013.

PASHLER, H. Dual-task interference in simple tasks: data and theory. *Psychological Bulletin*, v. 116, n. 2, p. 220-244, 1994.

PATLA, A. E. Understanding the roles of vision in the control of human locomotion. *Gait & Posture*, v. 5, p. 54-69, 1997.

PERETZ, C. et al. Computer-based, personalized cognitive training versus classical computer games: a randomized double-blind prospective trial of cognitive stimulation. *Neuroepidemiology*, v. 36, p. 91-99, 2011.

PETERKA, R. J. Sensorimotor integration in human postural control. *Journal of Neurophysiology*, v. 88, p. 1097-1118, 2002.

PIEMONTE, M. E. P. *Programa semanal de exercícios para pacientes com Doença de Parkinson*. Lemos Editorial & Gráficos Ltda, SãoPaulo, 2003. 190 p.

PIGFORD, T.; ANDREWS, A.W. Feasibility and benefit of using the nintendo wii fit for balance rehabilitation in an elderly patient experiencing recurrent falls. *Journal of Student Physical Therapy Research*, v. 2, n. 1. p. 12-20, 2010.

POMPEU, J. E. et al. Effect of Nintendo Wii TM-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: A randomised clinical trial. *Physiotherapy*, v. 98, p. 196–204, 2012.

PROTAS, E. J.; TISSIER, S. Strength and speed training for elders with mobility disability. *Journal of Aging and Physical Activity*, v. 17, n. 3, p. 257–271, 2009.

RENDON, A. A. et al. The effect of virtual reality gaming on dynamic balance in older adults. *Age and Ageing*, v. 41, p.549–552, 2012.

RODAKCI, A. L. F. et al. Transient effects of stretching exercises on gait parameters of elderly women, *Manual Therapy*, v.14, p. 167-172, 2009.

SALZMAN, B. Gait and balance disorders in older adults. *American Family Physician*, v. 82, n. 1, p. 61-68, 2010.

- SANTOS, G.M. et al. Valores preditivos para risco de queda em idosos praticantes e não praticantes de atividade física por meio do uso da Escala de Equilíbrio de Berg. *Revista Brasileira Fisioterapia*, v.15, n. 2, p. 95-101, 2011.
- SEGEV-JACUBOVSKI, O. et al. The interplay between gait, falls and cognition: can cognitive therapy reduce fall risk? *Expert Review of Neurotherapeutics*, v. 11, n. 7, p. 1057-1075, 2011.
- SHAFFER, S. W.; HARRISON, A. L. Aging of the somatosensory system: a translational perspective. *Physical Therapy*, v. 87, p. 193–207, 2007.
- SHEA, C. H. et al. Physical and observation practice afford unique learning opportunities. *Journal of Motor Behavior*, v. 32, p. 27-36, 2000.
- SHERINGTON, C. et al. Exercise to prevent falls in older adults: an updated meta-analysis and best practice recommendations. *Public Health Bulletin* , v. 22, n. 3, 78-83, 2011.
- SHOBHA, S. Prevention of falls in older patients. *American Family Physician*, v. 72, n.1, p. 81 -88, 2005.
- SHUMWAY-COOK, A. et al. Predicting the probability for falls in community dwelling older adults. *Physical Therapy*, v. 77, p. 812-819, 1997a.
- SHUMWAY-COOK, A. et al. The effects of two types of cognitive task on postural stability in older adults with and without a history of falls. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, v. 52, p. M232-M240, 1997b.
- SHUMWAY-COOK, A.; WOOLACOTT, M. H. *Controle Motor: teoria e aplicações práticas*. 2ª edição, Ed. Manole, 2003.
- SILSUPADOL, P. et al. Effects of single-task versus dual-task training on balance performance in older adults: a double-blind, randomized controlled trial. *n*, v. 90, p. 381-387, 2009.
- SILSUPADOL, P. et al. Training of balance under single and dual task conditions in older adults with balance impairment. *Physical Therapy*, v. 86, p. 269-281, 2006.
- SILVA, A. et al. Equilíbrio, coordenação e agilidade de idosos submetidos à prática de exercícios físicos resistidos. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 14, n. 2, p. 88-93, 2008.
- SIU, K. C. et al. Attentional mechanisms contributing to balance constraints during gait: the effects of balance impairments. *Brain Research*, v. 1248, p. 59-67, 2009.
- SPECIALI, D. S. et al. Use of the Gait Deviation Index and spatiotemporal variables for the assessment of dual task interference paradigm. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, v. 17, p. 19-27, 2013.
- SPRINGER, S. et al. Dual-tasking effects on gait variability: the role of aging, falls, and executive function. *Movement Disorders*, v. 21, n. 7, p. 950-957, 2006.

- TIMO-IARIA, C. O envelhecimento. *Acta Fisiatrica*, v. 10, n. 3, p. 114-120, 2003.
- TROMBETTI, A. et al. Effect of music-based multitask training on gait, balance, and fall risk in elderly people: a randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*, v.171, p. 525-533, 2011.
- VALLIANT, J. et al. Balance, aging, and osteoporosis: effects of cognitive exercises combined with physiotherapy, *Joint Bone Spine*, v. 73, p. 414-418, 2006.
- VANSWEARINGEN, J. M. et al. Impact of exercise to improve gait efficiency on activity and participation in older adults with mobility limitations: a randomized controlled trial. *Physical Therapy*, v. 91, n. 12, p. 1740-1751, 2011.
- VENKATRAMAN, V. K. et al. Executive control function, brain activation and white matter hyperintensities in older adults. *Neuroimage*, v. 49, n. 4, p. 3436-3442, 2010.
- VERGHESE, J. et al. Effect of cognitive remediation on gait in sedentary seniors. *The Journals of Gerontology*, v. 65, p. 1338-1343, 2010.
- VERGHESE, J. et al. Quantitative gait markers and incident fall risk in older adults. *Journal of Gerontology*, v. 64A, n. 8, p. 896-901, 2009.
- VERGHESE, J. et al. Walking while talking: effect of task prioritization in the elderly, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 88, p. 50-53, 2007.
- VOOS, M. W. et al. Effects of training strategies implemented in a complex videogame on functional connectivity of attentional networks. *Neuroimage*, v. 59, p. 138-148, 2012.
- WATT, J. R. et al. Effect of a supervised hip flexor stretching program on gait in frail elderly patients, *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 3, p. 330-335, 2012.
- WEAVER, T. B. et al. Changes in spinal excitability during dual task performance. *Journal of motor behavior*, v. 44, n. 4, p. 289-294, 2012.
- WII BALANCE BOARD. Nintendo. Disponível em: <http://www.nintendo.com/wii/what-is-wii/#/balanceboard> . Acesso em: 11 jan, 2011.
- WII CONTROLLERS. Nintendo. Disponível em: <http://www.nintendo.com/wii/what/controllers#remote> . Acesso em 11 jan, 2011.
- WILLIAMS, B. et al. Study supporting the use of the Wii in occupational therapy for the well elderly. *Therapy*, v. 5, p. 131-139, 2011.
- WOOLLACOTT, M. H.; SHAMWAY-COOK, A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait and Posture*, v. 16, p. 1-14, 2002.
- WRISLEY, D. M. et al. Reliability, internal consistency, and validity of data obtained with the functional gait assessment, *Physical Therapy* . v. 84, n. 10, p. 906-918, 2004.

WRISLEY, D. M.; KUMAR, N. A. Functional gait assessment: concurrent, discriminative, and predictive validity in community- dwelling older adults. *Physiotherapy*, v. 90, n. 5, p. 761-773, 2010.

WU, T. et al. Cerebellum and integration of neural networks in dual task processing. *Neuroimage*, v. 15, n. 65, p. 466-475, 2012.

WUEHR, M. et al. Differential effects of absent visual feedback control on gait variability during different locomotion speeds. *Experimental Brain Research*, v. 224, n. 2, p. 287-194, 2013.

WULF, G.; SHEA, C.; LEWTHWAITE, R. Motor skill learning and performance: a review of influential factors. *Medical education*, v. 44, p. 75-84 , 2010.

WULF, G.; SU, J. An external focus of attention enhances golf shot accuracy in beginners and experts. *Physical education, recreation and dance*, v. 78, n. 4, p. 384-389, 2007.

YARDLEY, L. et al. Development and initial validation of the Falls Efficacy Scale-International (FES-I). *Age and Ageing*, v. 34, n. 6, p. 614-619, 2005

YOGEV, G. et al. Dual tasking, gait rhythmicity, and parkinson's disease: which aspects of gait are attention demanding? *European Journal of Neuroscience*, v. 22, p. 1248–1256, 2005.

YOGEV-SELIGMANN, G. et al. How does explicit prioritization alter walking during dual-task performance? Effects of age and sex on gait speed and variability, *Physical Therapy*, v. 90, n. 2, p. 177-186, 2010.

YOGEV-SELIGMANN, G.; HAUSDORFF, J. M.; GILADI, N. Do we always prioritize balance when walking? Towards an integrated model of task prioritization. *Movement Disorders*, v. 27, n. 6, p. 765-770, 2012.

YOGEV-SELIGMANN, G.; HAUSDORFF, J. M.; GILADI, N. The role of executive function and attention in gait. *Movement Disorders*, v. 23, n. 3, p. 329-342, 2008.

ZACHRY, T. et al. Increased movement accuracy and reduced EMG activity as the result of adopting an external focus of attention. *Brain Research Bulletin*, v. 67, p. 304–309, 2005.

ZWERGAL, A. et al. Aging of human supraspinal locomotor and postural control in fMRI. *Neurobiology of Aging*, v. 33, p. 1073-1084, 2012.

ANEXOS

ANEXO A

Comitê de ética em pesquisa

APROVAÇÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 17/10/2012, APROVOU o Protocolo de Pesquisa nº 335/12 intitulado: "EFEITOS DE UM TREINAMENTO EM AMBIENTE VIRTUAL SOBRE O DESEMPENHO DA MARCHA, DO CONTROLE POSTURAL E DAS FUNÇÕES EXECUTIVAS EM IDOSOS SAUDÁVEIS" apresentado pelo Departamento de FISIOTERAPIA, FONOAUDIOLOGIA E TERAPIA OCUPACIONAL

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEP-FMUSP, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, de 10/10/1996, inciso IX.2, letra "c").

Pesquisador (a) Responsável: Maria Elisa Pimentel Piemonte

Pesquisador (a) Executante: Maria Elisa Pimentel Piemonte

CEP-FMUSP, 22 de Outubro de 2012.

Prof. Dr. Roger Chammas
Coordenador
Comitê de Ética em Pesquisa

ANEXO B

ANEXO B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Instruções para preenchimento no verso)

I - DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME:
 DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : SEXO : M ☐ F ☐
 DATA NASCIMENTO:/...../.....
 ENDEREÇO Nº APTO:
 BAIRRO: CIDADE
 CEP:..... TELEFONE: DDD (.....)
2. RESPONSÁVEL LEGAL
 NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.)
 DOCUMENTO DE IDENTIDADE :.....SEXO: M ☐ F ☐
 DATA NASCIMENTO.:/...../.....
 ENDEREÇO: Nº APTO:
 BAIRRO:.....CIDADE:
 CEP:.....TELEFONE:DDD(.....).....

II - DADOS SOBRE A PESQUISA

TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: Programa de prevenção de quedas para a terceira idade.

PESQUISADOR : Maria Elisa Pimentel Piemonte.

CARGO/FUNÇÃO: Fisioterapeuta INSCRIÇÃO CONSELHO REGIONAL Nº CREFITO 12863-F

UNIDADE DO HCFMUSP: Centro de Docência e Pesquisa de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da FMUSP.

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA: **Baixo Risco**

RISCO MÍNIMO ☐ RISCO MÉDIO ☐
 RISCO BAIXO ☐ RISCO MAIOR ☐

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

4. DURAÇÃO DA PESQUISA : **4 meses**

ANEXO C – Mini Exame do Estado Mental (MMEE)
(BERTOLUCCI et al., 1994)

Paciente:

Idade:

Data da avaliação:

Escolaridade (em anos):

Avaliador:

ORIENTAÇÃO – 10 pontos

- Dia da semana (1 ponto)
- Dia do mês (1 ponto)
- Mês (1 ponto)
- Ano (1 ponto)
- Hora aproximada (1 ponto)
- Local específico (andar ou setor) (1 ponto)
- Instituição (residência, hospital, clínica) (1 ponto)
- Bairro ou rua próxima (1 ponto)
- Cidade (1 ponto)
- Estado (1 ponto)

MEMÓRIA IMEDIATA (RETENÇÃO) – 3 pontos

- Fale 3 palavras não relacionadas. Posteriormente pergunte ao paciente pelas 3 palavras. Dê 1 ponto para cada palavra correta:
- VASO, CARRO, JANELA

Depois, repita as palavras e certifique-se de que o paciente as aprendeu, pois mais adiante você irá perguntá-las novamente.

ATENÇÃO E CÁLCULO – 5 pontos

- Calcular a subtração (100-7) 5 vezes sucessivamente (1 ponto para cada cálculo correto)
- Alternativamente, soletrar MUNDO de trás para frente.

EVECAÇÃO (MEMÓRIA) – 3 pontos

- Pergunte pelas 3 palavras ditas anteriormente (1 ponto para cada palavra correta)
-

LINGUAGEM – 9 pontos

- Nomear um relógio e uma caneta (2 pontos)
- Repetir “nem aqui, nem ali, nem lá” (1 ponto)
- Comando: “peque este papel com a mão direita, dobre-o ao meio e coloque no chão” (3 pontos)
- Ler e obedecer: “feche os olhos” (1 ponto)
- Escrever uma frase (1 ponto)
- Copiar o desenho (1 ponto)
-

PONTUAÇÃO: (___/30)

ANEXO D – Escala de Depressão Geriátrica de Yesaváge – versão 15 (GDS-15)
(ALMEIDA & ALMEIDA, 1999)

Assinale a resposta mais apropriada a seu estado de espírito na última semana

- 1- Você está satisfeito com a sua vida?
☐ Sim ☐ Não
- 2- Você deixou de lado muitos de suas atividades e interesses?
☐ Sim ☐ Não
- 3- Você sente que sua vida está vazia?
☐ Sim ☐ Não
- 4- Você sente-se aborrecido com frequência?
☐ Sim ☐ Não
- 5- Está você de bom humor na maioria das vezes?
☐ Sim ☐ Não
- 6- Você teme que algo de ruim lhe aconteça?
☐ Sim ☐ Não
- 7- Você se sente feliz na maioria das vezes?
☐ Sim ☐ Não
- 8- Você se sente frequentemente desamparado?
☐ Sim ☐ Não
- 9- Você prefere permanecer em casa do que sair e fazer coisas novas?
☐ Sim ☐ Não
- 10- Você sente que tem mais problemas de memória que antes?
☐ Sim ☐ Não
- 11- Você pensa que é maravilhoso estar vivo?
☐ Sim ☐ Não
- 12- Você se sente inútil?
☐ Sim ☐ Não
- 13- Você se sente cheio de energia?
☐ Sim ☐ Não
- 14- Você sente que sua situação é sem esperança?
☐ Sim ☐ Não
- 15- Você pensa de que a maioria das pessoas estão melhores do que você?
☐ Sim ☐ Não

ANEXO E: Escala de Equilíbrio de Berg

(MIYAMOTO et al., 2004)

1. Posição sentada para posição em pé

Instruções: Por favor levante-se. Tente não usar suas mãos para se apoiar.

- (4) capaz de levantar-se sem utilizar as mãos e estabilizar-se independentemente
- (3) capaz de levantar-se independentemente utilizando as mãos
- (2) capaz de levantar-se utilizando as mãos após diversas tentativas
- (1) necessita de ajuda mínima para levantar-se ou estabilizar-se
- (0) necessita de ajuda moderada ou máxima para levantar-se

2. Permanecer em pé sem apoio

Instruções: Por favor, fique em pé por 2 minutos sem se apoiar.

- (4) capaz de permanecer em pé com segurança por 2 minutos
- (3) capaz de permanecer em pé por 2 minutos com supervisão
- (2) capaz de permanecer em pé por 30 segundos sem apoio
- (1) necessita de várias tentativas para permanecer em pé por 30 segundos sem apoio
- (0) incapaz de permanecer em pé por 30 segundos sem apoio

Se o paciente for capaz de permanecer em pé por 2 minutos sem apoio, dê o número total de pontos para o item número 3. Continue com o item número 4.

3. Permanecer sentado sem apoio nas costas ,mas com os pés apoiados no chão ou num banquinho

Instruções: Por favor, fique sentado sem apoiar as costas com os braços cruzados por 2 minutos.

- (4) capaz de permanecer sentado com segurança e com firmeza por 1 minutos
- (3) capaz de permanecer sentado por 2 minutos sob supervisão
- (2) capaz de permanecer sentado por 30 segundos
- (1) capaz de permanecer sentado por 10 segundos
- (0) incapaz de permanecer sentado sem apoio durante 10 segundos

4. Posição em pé para posição sentada

Instruções: Por favor, sente-se.

- (4) senta-se com segurança com uso mínimo das mãos
- (3) controla a descida utilizando as mãos
- (2) utiliza a pane posterior das pernas contra a cadeira para controlar a descida
- (1) senta-se independentemente, mas tem descida sem controle
- (0) necessita de ajuda para sentar-se

5. Transferências

Instruções: Arrume as cadeiras perpendicularmente ou uma de frente para a outra para uma transferência em pivô. Peça ao paciente para transferir-se de uma cadeira com apoio de braço para uma cadeira sem apoio de braço, e vice-versa. Você poderá utilizar duas cadeiras (uma com e outra tem apoio de braço) ou uma cama e uma cadeira.

- (4) capaz de transferir-se com segurança com uso mínimo das mãos
- (3) capaz de transferir-se com segurança com o uso das mãos
- (2) capaz de transferir-se seguindo orientações verbais c/ou supervisão
- (1) necessita de uma pessoa para ajudar
- (0) necessita de duas pessoas para ajudar ou supervisionar para realizar a tarefa com segurança

6. Permanecer em pé sem apoio com os olhos fechados

Instruções: Por favor fique em pé e feche os olhos por 10 segundos.

- (4) capaz de permanecer em pé por 10 segundos com segurança
- (3) capaz de permanecer em pé por 10 segundos com supervisão
- (2) capaz de permanecer em pé por 3 segundos

- (1) incapaz de permanecer com os olhos fechados durante 3 segundos, mas mantém-se em pé
- (0) necessita de ajuda para não cair

7. Permanecer em pé sem apoio com os pés juntos

Instruções: Junte seus pés e fique em pé sem se apoiar.

- (4) capaz de posicionar os pés juntos independentemente e permanecer por 1 minuto com segurança
- (3) capaz de posicionar os pés juntos independentemente e permanecer por 1 minuto com supervisão
- (2) capaz de posicionar os pés juntos independentemente e permanecer por 30 segundos
- (1) necessita de ajuda para posicionar-se, mas é capaz de permanecer com os pés juntos durante 15 segundos
- (0) necessita de ajuda para posicionar-se e é incapaz de permanecer nessa posição por 15 segundos

8. Alcançar a frente com o braço entendido permanecendo em pé

Instruções: Levante o braço a 90°. Estique os dedos e tente alcançar a frente o mais longe possível. (O examinador posiciona a régua no fim da ponta dos dedos quando o braço estiver a 90°. Ao serem esticados para frente, os dedos não devem tocar a régua. A medida a ser registrada é a distância que os dedos conseguem alcançar quando o paciente se inclina para frente o máximo que ele consegue. Quando possível, peça ao paciente para usar ambos os braços para evitar rotação do tronco).

- (4) pode avançar à frente mais que 25 cm com segurança
- (3) pode avançar à frente mais que 12,5 cm com segurança
- (2) pode avançar à frente mais que 5 cm com segurança
- (1) pode avançar à frente, mas necessita de supervisão
- (0) perde o equilíbrio na tentativa, ou necessita de apoio externo

9. Pegar um objeto do chão a partir de uma posição em pé

Instruções: Pegue o sapato/chinelo que está na frente dos seus pés.

- (4) capaz de pegar o chinelo com facilidade e segurança
- (3) capaz de pegar o chinelo, mas necessita de supervisão
- (2) incapaz de pegá-lo, mas se estica até ficar a 2-5 cm do chinelo e mantém o equilíbrio independentemente
- (1) incapaz de pegá-lo, necessitando de supervisão enquanto está tentando
- (0) incapaz de tentar, ou necessita de ajuda para não perder o equilíbrio ou cair

10. Virar-se e olhar para trás por cima dos ombros direito e esquerdo enquanto permanece em pé:

Instruções: Vire-se para olhar diretamente atrás de você por cima, do seu ombro esquerdo sem tirar os pés do chão. Faça o mesmo por cima do ombro direito. O examinador poderá pegar um objeto e posicioná-lo diretamente atrás do paciente para estimular o movimento

- (4) olha para trás de ambos os lados com uma boa distribuição do peso
- (3) olha para trás somente de um lado o lado contrário demonstra menor distribuição do peso
- (2) vira somente para os lados, mas mantém o equilíbrio
- (1) necessita de supervisão para virar
- (0) necessita, de ajuda para não perder o equilíbrio ou cair

11. Girar 360 graus

Instruções: Gire-se completamente ao redor de si mesmo. Pausa. Gire-se completamente ao redor de si mesmo em sentido contrário.

- (4) capaz de girar 360 graus com segurança em 4 segundos ou menos
- (3) capaz de girar 360 graus com segurança somente para um lado em 4 segundos ou menos
- (2) capaz de girar 360 graus com segurança, mas lentamente
- (1) necessita de supervisão próxima ou orientações verbais
- (0) necessita de ajuda enquanto gira

12. Posicionar os pés alternadamente ao degrau ou banquinho enquanto permanece em pé sem apoio

Instruções: Toque cada pé alternadamente no degrau/banquinho. Continue até que cada pé tenha tocado o degrau/banquinho quatro vezes.

- (4) capaz de permanecer em pé independentemente e com segurança, completando 8 movimentos em 20 segundos
- (3) capaz de permanecer em pé independentemente e completar 8 movimentos em mais que 20 segundos
- (2) capaz de completar 4 movimentos sem ajuda
- (1) capaz de completar mais que 2 movimentos com o mínimo de ajuda
- (0) incapaz de tentar, ou necessita de ajuda para não cair

13. Permanecer em pé sem apoio com um pé à frente

Instruções: (demonstre para o paciente) Coloque um pé diretamente à frente do outro na mesma linha se você achar que não irá conseguir, coloque o pé um pouco mais à frente do outro pé e levemente para o lado.

- (4) capaz de colocar um pé imediatamente à frente do outro, independentemente, e permanecer por 30 segundos
- (3) capaz de colocar um pé um pouco mais à frente do outro e levemente para o lado. Independentemente e permanecer por 30 segundos
- (2) capaz de dar um pequeno passo, independentemente. e permanecer por 30 segundos
- (1) necessita de ajuda para dar o passo, porém permanece por 15 segundos
- (0) perde o equilíbrio ao tentar dar um passo ou ficar de pé

14. Permanecer em pé sobre uma perna

Instruções: Fique em pé sobre uma perna o máximo que você puder sem se segurar.

- (4) capaz de levantar uma perna independentemente e permanecer por mais que 10 segundos
- (3) capaz de levantar uma perna independentemente e permanecer por 5-10 segundos
- (2) capaz de levantar uma perna independentemente e permanecer por 3 ou 4 segundos
- (1) tenta levantar uma perna, mas é incapaz de permanecer por 3 segundos, embora permaneça em pé Independentemente
- (0) incapaz de tentar, ou necessita de ajuda para não cair

ANEXO F – *Functional Gait Assessment (FGA)* e Índice do Andar Dinâmico (IAD)
(WRISLEY et al., 2004; DE CASTRO; PERRACINI; GANANÇA, 2006))

1. Marcha em superfície plana

Instruções: ande em sua velocidade normal daqui até a próxima marca (6m).

Pontuação: marque a alternativa que se aplica ao resultado:

(3) Normal: caminha os 6 m sem acessórios, boa velocidade, sem evidência de desequilíbrio, padrão normal ao andar.

(2) Comprometimento brando: caminha os 6 m, usa acessórios, velocidade mais lenta, desvios brandos no andar.

(1) Comprometimento moderado: caminha os 6 m, velocidade lenta, padrão anormal do andar, evidência de desequilíbrio.

(0) Comprometimento severo: não consegue os 6 m sem ajuda, desvio severo no andar ou desequilíbrio.

2. Mudança de velocidade da marcha

Instruções: comece a andar na sua velocidade normal (durante 1,5 m), e quando eu disser “agora”, ande o mais rápido que puder por mais 1,5 m. Quando eu disser “devagar”, ande o mais lentamente que conseguir (1,5 m).

Pontuação: marque a alternativa que se aplica ao resultado:

(3) Normal: capaz de mudar a velocidade do andar de uma forma uniforme, sem perda de equilíbrio ou desvio do andar. Mostra uma diferença significativa nas velocidades entre o normal, o rápido e o lento.

(2) Comprometimento brando: consegue mudar a velocidade, mas demonstra desvios brandos do andar, ou não há desvios, mas é incapaz de conseguir uma mudança significativa na velocidade ou utiliza um acessório.

(1) Comprometimento moderado: faz ajustes mínimos na velocidade do andar, ou apresenta mudança na velocidade com desvios significativos do andar, ou muda de velocidade, mas perde desvios significativos do andar, ou então perde o equilíbrio quando muda a velocidade, mas é capaz de se recuperar e continuar caminhando.

(0) Comprometimento severo: não consegue mudar a velocidade ou perde o equilíbrio e procura apoio na parede ou tem de ser ajudado.

3. Marcha com movimentos horizontais (rotação) da cabeça

Instruções: comece a andar no ritmo normal. Quando eu disser “olhe para a direita”, continue andando reto, mas vire a cabeça para direita. Continue olhando para o lado direito até que eu diga “olhe para a esquerda”, então continue andando reto e vire a cabeça para a esquerda. Mantenha a cabeça nessa posição até que eu diga “olhe para a frente”, então continue andando reto, mas volte a sua cabeça para a posição central.

Pontuação: marque a alternativa que se aplica ao resultado:

(3) Normal: executa rotações uniformes da cabeça, sem nenhuma mudança no andar.

(2) Comprometimento brando: executa rotações uniformes da cabeça, com uma ligeira mudança na velocidade do andar (isto é, interrupção mínima no trajeto uniforme do andar ou usa um acessório para andar).

(1) Comprometimento moderado: executa rotações uniformes da cabeça, com uma moderada mudança na velocidade do andar, começa a andar mais lentamente, cambaleia, mas se recupera, consegue continuar andando.

(0) Comprometimento severo: executa as tarefas com interrupções severas do andar (isto é, cambaleia 15° fora do trajeto, perde o equilíbrio, pára, tenta segurar-se na parede).

4. Marcha com movimentos verticais (rotação) da cabeça

Instruções: comece a andar no ritmo normal. Quando eu disser “olhe para cima”, continue andando reto, mas incline a cabeça para cima. Continue olhando para cima até que eu diga “olhe para baixo”, então continue andando reto e incline a cabeça para baixo. Mantenha a cabeça nessa posição até que

eu diga “olhe para a frente”, então continue andando reto, mas volte a sua cabeça para a posição central.

Pontuação: marque a alternativa que se aplica ao resultado:

- (3) Normal: executa rotações uniformes da cabeça, sem nenhuma mudança no andar.
- (2) Comprometimento brando: executa as tarefas com uma ligeira mudança na velocidade do andar (isto é, interrupção mínima no trajeto uniforme do andar ou usa um acessório para andar).
- (1) Comprometimento moderado: executa as tarefas com uma moderada mudança na velocidade do andar, começa a andar mais lentamente, cambaleia, mas se recupera, consegue continuar andando.
- (0) Comprometimento severo: executa as tarefas com interrupções severas do andar (isto é, cambaleia 15° fora do trajeto, perde o equilíbrio, pára, tenta segurar-se na parede).

5. Marcha e giro sobre o próprio eixo corporal (pivô)

Instruções: comece a andar no ritmo normal. Quando eu disser “vire-se e pare”, vire o mais rápido que puder para a direção oposta e pare.

Pontuação: marque a alternativa que se aplica ao resultado:

- (3) Normal: consegue virar com segurança dentro de 3 segundos e pára rapidamente, sem perda do equilíbrio.
- (2) Comprometimento brando: consegue virar a cabeça com segurança em mais de 3 segundos e pára sem nenhuma perda de equilíbrio.
- (1) Comprometimento moderado: virar lentamente precisa de informações verbais e dá vários passos curtos para recuperar o equilíbrio após virar ou parar.
- (0) Comprometimento severo: não consegue girar com segurança, precisa de ajuda para virar e parar.

6. Passar por cima de obstáculo

Instruções: comece a andar em sua velocidade normal. Quando chegar à caixa de sapatos, passe por cima dela (e não ande ao redor dela) e continue andando.

Pontuação: marque a alternativa que se aplica ao resultado:

- (3) Normal: capaz de passar por cima da caixa sem mudar a velocidade do andar, não há evidência de desequilíbrio.
- (2) Comprometimento brando: capaz de passar por cima da caixa, mas precisa reduzir a velocidade e ajustar os passos para ter mais segurança.
- (1) Comprometimento moderado: é capaz de passar por cima da caixa, mas precisa para e depois recomeçar. Pode precisar de dicas verbais.
- (0) Comprometimento severo: não consegue executar sem ajuda.

7. Marcha com base diminuída

Instruções: caminhe no chão com os braços cruzados no peito, pés alinhados “calcanhar com hálux” em tandem pela distância de 3.6m. O número de passos feitos numa linha serão contados (máximo de 10 passos).

Pontuação: marque categoria mais alta para a tentativa:

- (3) Normal: é capaz de dar 10 passos sem escalonamento
- (2) Comprometimento brando: é capaz de dar de 7 a 9 passos
- (1) Comprometimento moderado: é capaz de dar de 4 a 7 passos
- (0) Comprometimento severo: consegue dar menos de 4 passos ou não consegue realizar a tarefa sem auxílio

8. Marcha com olhos fechados

Instruções: ande na sua velocidade normal daqui até a próxima marca (6m) com os olhos fechados

Pontuação: marque categoria mais alta para a tentativa:

- (3) Normal: caminha os 6m sem assistência, com boa velocidade, sem evidência de desequilíbrio, padrão normal de marcha, desvia não mais que 15,24cm para fora de 30,48cm da largura da calçada. Anda 6m em menos de 7 seg.
- (2) Comprometimentos brando: anda 6m com ajuda, com uma velocidade reduzida, leve desvio da marcha entre 15,24 – 25,4cm para fora de 30,48cm da largura da calçada. Anda 6m em menos de 9seg e em mais de 7 seg.

(1) Comprometimento moderado: anda 6m em uma velocidade reduzida, padrão de marcha anormal, com evidência de desequilíbrios, desvia 25,4 – 38,1cm para fora de 30,48cm da largura da calçada. Requer mais do que 9 segundos para andar os 6m.

(0) Comprometimento severo: não consegue andar 6m sem assistência, desvios e desequilíbrio severo da marcha, desvia mais do que 38,1cm para fora de 30,48cm da largura da calçada ou não completa a tarefa.

9. Andando para trás

Instruções: ande para trás até eu falar para parar.

Pontuação: marque categoria mais alta para a tentativa:

(3) Normal: caminha os 6m sem assistência, em boa velocidade, sem evidência de desequilíbrio, padrão normal de marcha, desvia não mais do que 15,24cm para fora de 30,48cm da largura da calçada.

(2) Comprometimento brando: anda 6m com assistência, em uma velocidade reduzida, com leve desvio da marcha, desvia 15,24 – 25,4cm para fora de 30,48cm da largura da calçada.

(1) Comprometimento moderado: anda 6m com uma velocidade reduzida, padrão de marcha anormal, evidência de desequilíbrios, desvia 25,4 – 38,1cm para fora de 30,48cm da largura da calçada.

(0) Comprometimento severo: não consegue andar 6m sem assistência, desvio e desequilíbrio severo na marcha, desvia mais do que 38,1cm para fora de 30,48cm da largura da calçada ou não completa a tarefa.

10. Subir e descer degraus

Instruções: suba essas escadas de maneira que você faz em casa (isto é, usando o corrimão se necessário). Quando chegar ao topo, vire e desça.

Pontuação: marque a alternativa que se aplica ao resultado:

(3) Normal: alternando os pés, sem usar o corrimão.

(2) Comprometimento brando: alternando os pés, mas precisa usar o corrimão.

(1) Comprometimento moderado: coloca os dois pés no degrau, mas precisa usar o corrimão.

(0) Comprometimento severo: não consegue executar de uma forma segura.

PONTUAÇÃO: ____/30

Item retirado do Índice do Andar Dinâmico

7. Contornar obstáculos

Instruções: comece a andar na sua velocidade normal. Quando chegar ao primeiro cone (cerca de 1,80 m de distância), contorne-o pelo lado direito. Quando chegar ao segundo (1,80 m após o primeiro), contorne-o pela esquerda.

(3) Normal: é capaz de andar ao redor dos cones com segurança, sem mudar a velocidade do andar, não há evidência de desequilíbrio.

(2) Comprometimento brando: é capaz de andar ao redor de ambos os cones, mas precisa reduzir a velocidade do andar e ajustar os passos para passar por eles.

(1) Comprometimento moderado: é capaz de passar pelos cones, mas precisa reduzir significativamente a velocidade do andar para realizar a tarefa ou precisa de dicas verbais.

(0) Comprometimento severo: incapaz de passar pelos cones, tropeça neles e precisa de ajuda física.

PONTUAÇÃO: ____/24

ANEXO G – Versão brasileira da Montreal Cognitive Assessment (MoCA)
(BERTOLUCCI; SARMENTO; WAJMAN, 2008)

MONTREAL COGNITIVE ASSESSMENT (MOCA)
Versão Experimental Brasileira

Nome: _____
Escolaridade: _____
Sexo: _____

Data de nascimento: ____/____/____
Data de avaliação: ____/____/____
Idade: _____

VISUOESPACIAL / EXECUTIVA		NOMEAÇÃO		MEMÓRIA		ATENÇÃO		LINGUAGEM		ABSTRAÇÃO		EVOCAÇÃO TARDIA		OPCIONAL		ORIENTAÇÃO		Pontos
<div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> [] [] </div>		<p>Copiar o cubo</p>		<p>Desenhar um RELÓGIO (onze horas e dez minutos) (3 pontos)</p>		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> [] [] [] </div> <p align="center">Contorno Números Ponteiros</p>		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> [] [] [] </div>		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> [] [] [] </div>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Leia a lista de palavras. O sujeito deve repeti-las, faça duas tentativas. Evocar após 5 minutos</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;">Rosto</td> <td style="width: 10%;">Veludo</td> <td style="width: 10%;">Igreja</td> <td style="width: 10%;">Margarida</td> <td style="width: 10%;">Vermelho</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>1ª tentativa</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2ª tentativa</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Leia a lista de palavras. O sujeito deve repeti-las, faça duas tentativas. Evocar após 5 minutos		Rosto	Veludo	Igreja	Margarida	Vermelho		1ª tentativa								2ª tentativa								<p>ATENÇÃO</p> <p>Leia a sequência de números (1 número por segundo)</p> <p>O sujeito deve repetir a sequência em ordem direta [] 2 1 8 5 4</p> <p>O sujeito deve repetir a sequência em ordem indireta [] 7 4 2</p>		<p>Leia a série de letras. O sujeito deve bater com a mão (na mesa) cada vez que ouvir a letra "A". Não se atribuem pontos se ≥ 2 erros.</p> <p>[] F B A C M N A A J K L B A F A K D E A A A J A M O F A A B</p>		<p>Subtração de 7 começando pelo 100 [] 93 [] 86 [] 79 [] 72 [] 65</p> <p>4 ou 5 subtrações corretas: 3 pontos; 2 ou 3 corretas 2 pontos; 1 correta 1 ponto; 0 correta 0 ponto</p>		<p>LINGUAGEM</p> <p>Repetir: Eu somente sei que é João quem será ajudado hoje. []</p> <p>O gato sempre se esconde embaixo do Sofá quando o cachorro está na sala. []</p>		<p>Fluência verbal: dizer o maior número possível de palavras que comecem pela letra F (1 minuto). [] _____ (N ≥ 11 palavras)</p>		<p>ABSTRAÇÃO</p> <p>Semelhança p. ex. entre banana e laranja = fruta [] trem - bicicleta [] relógio - régua</p>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Deve recordar as palavras SEM PISTAS</td> <td style="width: 10%;">Rosto</td> <td style="width: 10%;">Veludo</td> <td style="width: 10%;">Igreja</td> <td style="width: 10%;">Margarida</td> <td style="width: 10%;">Vermelho</td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>[]</td> <td>[]</td> <td>[]</td> <td>[]</td> <td>[]</td> <td></td> </tr> </table>		Deve recordar as palavras SEM PISTAS	Rosto	Veludo	Igreja	Margarida	Vermelho			[]	[]	[]	[]	[]		<p>OPCIONAL</p> <p>Pista de categoria []</p> <p>Pista de múltipla escolha []</p>		<p>ORIENTAÇÃO</p> <p>[] Dia do mês [] Mês [] Ano [] Dia da semana [] Lugar [] Cidade</p>		<p align="center">5</p> <p align="center">3</p> <p align="center">2</p> <p align="center">1</p> <p align="center">3</p> <p align="center">2</p> <p align="center">1</p> <p align="center">2</p> <p align="center">5</p> <p align="center">6</p>
Leia a lista de palavras. O sujeito deve repeti-las, faça duas tentativas. Evocar após 5 minutos		Rosto	Veludo	Igreja	Margarida	Vermelho																																																																
1ª tentativa																																																																						
2ª tentativa																																																																						
Deve recordar as palavras SEM PISTAS	Rosto	Veludo	Igreja	Margarida	Vermelho																																																																	
	[]	[]	[]	[]	[]																																																																	
<p align="center">© Z. Nasreddine MD www.mocatest.org Versão experimental Brasileira: Ana Luisa Rosas Sarmento Paulo Henrique Ferreira Bertolucci - José Roberto Wajman (UNIFESP-SP 2007)</p>																		<p>TOTAL Adicionar 1 pt se ≤ 12 anos de escolaridade</p> <p align="center">30</p>																																																				

ANEXO H – Escala Internacional de Eficácia de Quedas – FES-I
(CAMARGOS et al., 2010)

Assinale a resposta de acordo com o quão preocupado fica em sofrer uma queda em determinada situação: (1) Não estou preocupado; (2) Um pouco preocupado; (3) Moderadamente preocupado; (3) Muito preocupado

1. Limpar a casa (ex: esfregar, varrer, aspirar)
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐
2. Vestir-se ou despir-se
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐
3. Preparar refeições
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐
4. Tomar banho (banheira ou chuveiro)
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐
5. Ir às compras
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐
6. Sentar-se ou levantar-se da cadeira
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐
7. Subir ou descer
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐
8. Andar pela vizinhança
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐
9. Alcançar algum objeto acima da sua cabeça ou no chão
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐
10. Atender ao telefone antes que pare de tocar
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐
11. Andar em superfície escorregadia (molhadas ou enceradas)
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐
12. Visitar um amigo ou parente
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐
13. Andar em um local
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐
14. Andar em superfície irregular (chão com pedras, piso mal conservado ou sem asfalto)
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐
15. Subir ou descer uma rampa
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐
16. Sair para eventos sociais (atividades religiosas, encontros familiares, reunião do clube)
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐