

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

Gabriel Ivan Pranke

**EFEITO DE TAREFAS COGNITIVAS NO CONTROLE POSTURAL ESTÁTICO E
DINÂMICO DE ADULTAS JOVENS E IDOSAS CAIDORAS E NÃO-CAIDORAS**

Porto Alegre
2015

Gabriel Ivan Pranke

**EFEITO DE TAREFAS COGNITIVAS NO CONTROLE POSTURAL ESTÁTICO E
DINÂMICO DE ADULTAS JOVENS E IDOSAS CAIDORAS E NÃO-CAIDORAS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciência do Movimento Humano

Orientador: Carlos Bolli Mota

Porto Alegre
2015

Gabriel Ivan Pranke

**EFEITO DE TAREFAS COGNITIVAS NO CONTROLE POSTURAL ESTÁTICO E
DINÂMICO DE ADULTAS JOVENS E IDOSAS CAIDORAS E NÃO-CAIDORAS**

Conceito Final:

Aprovado em _____ de _____ de _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Flávio de Souza Castro - UFRGS

Prof. Dra. Clarissa Stefani Teixeira - UFSC

Prof. Dr. Luiz Fernando Cuozzo Lemos - FACOS

Orientador – Prof. Dr. Carlos Bolli Mota - UFSM

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais Daniel e Leni e aos meus irmãos Saul e Ismael, pessoas imprescindíveis para que tudo isso fosse possível e para quem devo todas as conquistas que tive e ainda terei em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a *Deus* por ter me iluminado desde meu nascimento, por ter me feito nascer na minha família e por ter guiado meus passos nessa caminhada.

Por falar em família, agradeço a minha Família, meus pais *Leni* e *Daniel* e meus dois irmãos, *Saul* e *Ismael*, uma família de bons princípios, que me ensinou o lado correto das coisas e não me deixou desviar da linha e sempre que precisei estavam lá presentes para me apoiar e me instruir. Sem vocês eu não seria o que eu sou. Muito obrigado!

Agradeço imensamente meu orientador *Bolí*, por todos os ensinamentos e horas de dedicação às orientações, aos grandes momentos das reuniões em laboratório, das quais saímos sempre com um novo conhecimento, e pela sua dedicação ao tão querido Labiomec, o qual aprendi a gostar e vivenciei grande parte da minha vida acadêmica. Agradeço também a todas as oportunidades que surgiram a partir de sua orientação. Sou imensamente grato a esta conclusão de tese com seu nome em destaque como orientador. Muito obrigado!

Em se tratando de Labiomec, muitas são as pessoas que preciso dedicar aqui um espaço especial nesse momento. Em primeiro lugar, a professora *Clarissa*, quem me deu a primeira oportunidade dentro de um laboratório dedicado a pesquisas dentro da área da Biomecânica. Todas as horas de dedicação, reuniões, leituras de artigos, elaboração de artigos, apresentações de trabalhos, momentos de trabalhar no Peak Motus (hehehe). Simplesmente sou grato a tudo que sou como pesquisador a você, pela minha iniciação científica ter iniciado por você. Cla, obrigado por tudo!

Depois não posso deixar de agradecer meu amigo e sócio *Luiz* por toda parceria nesses anos, pelas conversas, pelos estudos, pelos tragos, pelas brigas, pelas discussões, pelas reuniões quase sempre improdutivas (hehehe), pelos momentos de risadas e pelos momentos de choro... tudo o que passamos até aqui acho que ainda é pouco perto do que ainda vamos passar e viver. Obrigado pela compreensão nos momentos difíceis, por me entender, por ser meu *brother*, por estar junto comigo nos momentos mais importantes da minha vida.

Além disso, dentro do Labiomec tem outra pessoa especial que fez muita parte e me ajudou na confecção final dessa tese. Meu amigo *Mateus*, vulgo Ronaldinho, um cara que tem muito futuro dentro da Biomecânica, extremamente estudioso e merecedor de sucesso na vida pelo empenho e dedicação que desde o início mostrou dentro do Labiomec. Obrigado Mateus!

É inegável que fazem parte disso também, *Estele, Juliana e Patrícia*, as meninas do Labiopink, que queriam criar o Sindicato da Biomecânica (hahahahaha).

Foram fundamentais em muitos momentos da minha formação. Além disso, *Daniel*, muito fundamental como parceiro de casa, como parceiro de exercício físico, do tênis das tardinhas na UFRGS, dos muitos momentos de risadas. *Ariel*, meu parceiro e sócio mais recente, que bom poder ter tu como um parceiro de vida, de negócios e de laboratório, tuas ajudas foram fundamentais nas coletas para que esse trabalho pudesse sair da teoria e vir para o papel, além é claro das inúmeras vezes que pudemos compartilhar momentos fantásticos (29/02) na vida (hahaha).

Obrigado pessoal!

Obrigado também às pessoas que ajudaram e foram fundamentais nas coletas de dados, seja direta ou indiretamente, como a *Andréia* e a *Bárbara*. Foram fundamentais para eu chegar no número de pessoas que precisava e para que as coletas funcionassem, muito obrigado! Em especial a Andréia que foi muito mais que uma companheira, foi uma mulher perfeita durante o período crítico deste trabalho.

Foste fantástica, foste *super diver!*

Agradeço também aos *sujeitos da pesquisa*, que se dispuseram voluntariamente a ir no Laboratório para as coletas e ajudar na construção de conhecimento sobre o tema desta tese.

Por fim, agradeço a todos os meus amigos que criei ao longo da vida, que participaram desse processo, *Renan* e *Saulo*; meus colegas iniciais do Lab e primeiros amigos na faculdade. Aos amigos do “diferenciados” *Léo, Godoy, Otávio, Maninho, Lucas, Daniel* por todos os momentos de risadas e descontração.

Meus *brothers* eternos do futsal *Bordinhão* e *Braulio*, pela parceria de sempre e pelos projetos futuros. Aos outros amigos do futsal, *Mateus* e *Giuliano*, que fecham nosso quinteto. Aos demais amigos da *KeepFit Futsal* e do *Leões da Silva*, em especial, *Fabrcício, Guinho, Fernandinho, Pepo, Gilson* e *Marlus*, que me proporcionam sempre o contato com o futsal, esporte que me conquistou e que me alegra e distrai em momentos de lazer.

Agradeço também a minha instituição de ensino *UFRGS*, ao *PPGCMH* e às pessoas que tocam o curso para frente e à *Banca Examinadora* desse trabalho. Aos *mestres*, da UFSM e da UFRGS que me ajudaram na construção do conhecimento até aqui. Agradeço a minha faculdade *FAMES* e *meus alunos*, que me dão a certeza de que escolhi a carreira certa de professor. E, por fim, também a meus *colaboradores da KeepFit Academias*, em especial à *Patrícia*, por tocarem o barco tão bem quando necessito me ausentar e que desempenham tão bem seus papéis durante a jornada de trabalho.

A todos vocês meu *Muito Obrigado!*

EPÍGRAFE

“O sucesso é mensurado não pela posição que uma pessoa alcança, mas pelos obstáculos que ela teve que vencer.”

Booker T. Washington

RESUMO

O controle postural vem sendo estudado há algum tempo com o intuito de entender o complexo funcionamento do sistema de controle postural, além de servir para evitar quedas em idosos. As quedas são eventos que ocorrem em aproximadamente um terço da população idosa e podem levar a consequências muito graves, o que dá importância para o tema. A dupla-tarefa com interferência cognitivo-motora pode afetar o desempenho dos idosos na tarefa de manter o equilíbrio e aumentar o risco de quedas. Logo, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito de tarefas cognitivas sobre o desempenho em tarefas de controle motor estático e dinâmico em adultas jovens ($n=25$) e idosas caidoras ($n=20$) e não-caidoras ($n=21$). Foram avaliados o controle postural estático em dois tipos de superfície (estável e instável) e também o desempenho na tarefa de marcha com transposição de obstáculos, durante dois tipos de tarefas cognitivas (teste de Stroop e contagem regressiva em etapas de três). ANOVAs de dois fatores foram usadas para avaliar as diferenças entre grupos e condições. O equilíbrio estático foi melhor para jovens em comparação com idosas, que não diferiram entre caidoras e não-caidoras. A tarefa de contagem regressiva piorou o equilíbrio, principalmente nas idosas. Na tarefa de ultrapassagem de obstáculos, a velocidade das idosas caidoras foi menor, mesmo sem tarefa cognitiva, sendo que a tarefa cognitiva influenciou o desempenho das idosas não-caidoras e jovens. As distâncias verticais na transposição do obstáculo foram maiores para o grupo de idosas caidoras, diferente do esperado, denotando uma segurança maior na tarefa nesses indivíduos e uma menor chance de cair nesses indivíduos. É possível que esse resultado seja relacionado ao medo de cair nesses idosos, o que levou os mesmos a realizarem uma tarefa mais cautelosa na transposição do obstáculo. Com relação às distâncias horizontais, as jovens afastaram mais o pé do obstáculo, denotando maior capacidade nessa tarefa que idosas não-caidoras e caidoras, não havendo efeito da tarefa cognitiva. Os resultados indicam que o desempenho em tarefas de controle postural estático e dinâmico é pior em idosas, sem grandes diferenças entre caidoras e não-caidoras. Na tarefa de transposição do obstáculo, as idosas optaram por uma tarefa mais cautelosa, mesmo quando nenhuma tarefa cognitiva era solicitada, ao passo que a tarefa cognitiva levou as jovens a realizar estratégia semelhante. O medo de cair que acomete o idoso pode ter levado a estratégias mais cautelosas. Conclui-se que as tarefas cognitivas afetam o desempenho no controle postural estático em jovens e idosas e afetam o desempenho da tarefa dinâmica em jovens, principalmente. Durante a execução da tarefa de marcha com obstáculo, as idosas assumiram uma estratégia mais segura, possivelmente pelo medo de cair. Somente o teste de contagem regressiva aplicou demanda cognitiva suficiente para afetar a realização das tarefas motoras, enquanto que o teste de Stroop ajudou a tarefa motora em alguns casos.

Palavras-chave: controle postural, transposição de obstáculo, idoso, dupla-tarefa, interferência cognitivo-motora

ABSTRACT

Postural control has been studied in the last years to understand the hard behavior of the postural control system and to find ways to prevent falls in elderly. One third of the elderly people experiences falls during the live and falls can lead to serious consequences, being an important issue to study. Cognitive-motor interference in dual-task conditions can affect balance tasks performance on elderly and increase the risk of falls. Thus, this study aims to evaluate the effect of cognitive tasks on static and dynamic motor control tasks performances in young women (n = 25) and fallers (n = 20) and non-fallers (n = 21) older women. Static postural control in two surface conditions (stable and unstable) and obstacle negotiation task during walking were evaluated, while the subjects were performing two different cognitive tasks (Stroop task and counting backwards on steps of three) and without any cognitive task. Were performed ANOVAs with two factor to test differences between groups and conditions. Static balance was better in younger compared to old-aged, and non-fallers and fallers did not differ between themselves. Counting backward cognitive task impaired the balance especially in elderly. During obstacles negotiation tasks, the mean velocity was lower for fallers than the other groups, even without cognitive task. Cognitive tasks impaired performance of non-fallers and younger groups. Vertical distances on obstacle negotiation were higher for the fallers group, different than we expected. It means that this group performs the task safer than the others perform and has lower chance of falling. It is possible that these results are related to the elderly fear of falling, which led them to conduct a more cautious task during obstacle negotiation. Regarding to horizontal distances, young people distance more their foot from obstacle, showing increased capacity in this task than non-fallers and fallers, with no effect of cognitive task. Results indicate that static and dynamic performance on postural control tasks is worse in the elderly, without many differences between fallers and non-fallers. In obstacle negotiation task, elderly have opted for a more cautious task, even when no cognitive task was requested, while the cognitive tasks lead young people to perform similar strategy. Fear of falling that affect elderly people has led them to take more cautious strategies. We conclude that the cognitive tasks affect static postural control performances in young and old groups and affect dynamic task performance mainly in the young group. During the obstacle negotiation task, elderly have taken a safer strategy, possibly due to fear of falling in this task. Only the counting backwards task applied a sufficient cognitive demand to affect the proposed motor tasks while the Stroop task improved the performances for some variables.

Keywords: postural control, obstacle negotiation, elderly, dual-task, cognitive-motor interference

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Equação usada para o cálculo amostral.	47
Figura 2 – Exemplo das três etapas do teste de <i>Stroop</i>	51
Figura 3 - Cálculo do RMS..	53
Figura 4 – Variáveis cinemáticas do estudo na marcha com transposição de obstáculo.....	55
Figura 5 – Resumo dos resultados encontrados para as variáveis do controle postural	78
Figura 6 – Esquema das diferentes estratégias na transposição do obstáculo do pé de abordagem	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias e desvios-padrão para as variáveis de caracterização da amostra	48
Tabela 2 – Valores de efeito (F) e de probabilidade (p) da ANOVA para todas as variáveis dos testes cognitivos	62
Tabela 3 – Médias e desvios-padrão (DP) para índice cognitivo de velocidade (ICV) para teste de Stroop e teste de contagem regressiva	62
Tabela 4 – Médias e desvios-padrão (DP) para índice cognitivo de eficácia (ICE) para teste de Stroop e teste de contagem regressiva	63
Tabela 5 – Valores de efeito (F) e de probabilidade (p) da ANOVA para todas as variáveis de controle postural e valores de interação entre as variáveis.....	64
Tabela 6 – Médias e desvios-padrão (DP) para a variável amplitude de deslocamento ântero-posterior (COPap) para os grupos, superfícies e tarefas cognitivas.	65
Tabela 7 – Médias e desvios-padrão (DP) para a variável amplitude de deslocamento médio-lateral (COPml) para os grupos, superfícies e tarefas cognitivas.	66
Tabela 8 – Médias e desvios-padrão (DP) para <i>Root Mean Square</i> ântero-posterior (RMSap) para os grupos, condições e tarefas cognitivas	67
Tabela 9 – Médias e desvios-padrão (DP) para <i>Root Mean Square</i> médio-lateral (RMSml) para os três grupos	68
Tabela 10 – Médias e desvios-padrão (DP) para área da elipse para os grupos, superfícies e tarefas cognitivas	69
Tabela 11 – Médias e desvios-padrão (DP) para velocidade de deslocamento do COP para os grupos, superfícies e condições cognitivas	70
Tabela 12 – Valores de efeito (F) e de probabilidade (p) da ANOVA para as variáveis espaço-temporais da marcha com obstáculo.....	71
Tabela 13 – Médias e desvios-padrão (DP) para velocidade média e cadência da marcha com obstáculo	72
Tabela 14 – Valores de efeito (F) e de probabilidade (p) da ANOVA para todas as variáveis de marcha com obstáculo	73

Tabela 15 – Médias e desvios-padrão (DP) para distância vertical hálux-obstáculo - pé de abordagem (DV_HO_P1) e distância vertical calcanhar-obstáculo - pé de abordagem (DV_CO_P1)	74
Tabela 16 – Médias e desvios-padrão (DP) para distância vertical hálux-obstáculo - pé de apoio (DV_HO_P2)	75
Tabela 17 – Médias e desvios-padrão (DP) para distância horizontal obstáculo-pé de abordagem (DH_OP1) e distância horizontal pé de apoio-obstáculo (DH_P2O)	76

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA	12
1.2 OBJETIVO GERAL	15
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4 HIPÓTESES DE PESQUISA	15
1.5 JUSTIFICATIVA.....	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 CONTROLE POSTURAL.....	18
2.1.1 Sistema vestibular	19
2.1.2 Sistema somatossensorial	19
2.1.3 Sistema visual	21
2.1.4 Controle postural e envelhecimento	22
2.2 QUEDA NA TERCEIRA IDADE	23
2.2.1 Fatores de risco para quedas	27
2.3 DUPLA TAREFA.....	33
2.3.1 Dupla tarefa – Controle postural x tarefa cognitiva	34
2.3.2 Dupla tarefa – Tarefas dinâmicas x tarefa cognitiva	41
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	46
3.1 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS.....	46
3.2 CÁLCULO AMOSTRAL	46
3.3 SELEÇÃO DA AMOSTRA	47
3.4 INSTRUMENTOS PARA A COLETA DE DADOS.....	48
3.4.1 Controle Postural	49
3.4.2 Tarefa de marcha com transposição de obstáculo	49
3.4.3 Tarefa cognitiva	50
3.5 VARIÁVEIS.....	51
3.5.1 Variáveis dependentes	52
3.5.1.1 Controle Postural	52
3.5.1.2 Tarefa de transposição de obstáculo	53
3.5.1.3 Tarefa cognitiva	55
3.5.2 Variáveis independentes	56
3.6 PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS.....	57

3.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS	60
4 RESULTADOS	62
5 DISCUSSÃO	77
6 CONCLUSÃO.....	91
ANEXOS	98
APÊNDICES.....	100

1 INTRODUÇÃO

1.1 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA

Estudar o controle postural por meio da oscilação do centro de força durante tarefas de manutenção do equilíbrio postural é importante para entender o complexo funcionamento do sistema de controle postural. O principal motivo para isto é a estreita relação do controle postural com a ocorrência de quedas, principalmente na terceira idade, quando as quedas são muito frequentes e suas consequências podem ser muito graves. Encontrar soluções para diminuir a incidência de quedas é um dos principais objetos de estudo das pesquisas na área da saúde nos dias atuais.

A tarefa de manutenção do equilíbrio foi frequentemente caracterizada como uma resposta automática às informações visual, vestibular e somatossensorial (PELLECCHIA, 2003). Porém, outros estudos têm encontrado que o controle do equilíbrio envolve também um processo cognitivo (KERR; CONDON; McDONALD, 1985; LAJOIE *et al.*, 1993; TEASDALE *et al.*, 1993; LAJOIE *et al.*, 1996; BROWN; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1999; JAMET *et al.*, 2004; PALLUEL; NOUGIER; OLIVIER, 2010; MARSH; GEEL, 2010). Isto se torna mais evidente em estudos de dupla tarefa, nos quais a tarefa primária (controle postural) pode ser afetada pela tarefa secundária (processamento cognitivo) (PELLECCHIA, 2003; PALLUEL; NOUGIER; OLIVIER, 2010). Uma vez que a maioria das tarefas diárias requer controle postural adequado e, simultaneamente, há o envolvimento de algum processo cognitivo secundário, como conversar, planejar o dia, calcular, etc., a temática ganha importância, sendo necessário verificar a influência da tarefa cognitiva afeta a tarefa motora.

Tem sido teorizado há muitos anos, que o principal mecanismo responsável por essa interferência é relacionado ao fato de que o processamento cognitivo e do controle postural são realizados em mecanismos neurais centrais comuns (KERR; CONDON; McDONALD, 1985). Palluel, Nougier e Olivier (2010) explicam que a relação da demanda cognitiva com o controle postural pode ser explicada por três teorias diferentes. A primeira delas seria o modelo de competição de domínio

cruzado, a qual se baseia nas limitações da capacidade de processamento e de atenção, o que levaria a uma competição dos recursos atencionais entre as tarefas. A segunda teoria é o modelo de interação não-linear em formato U, de Huxhold *et al.* (2006), que sugere que o desempenho de uma tarefa cognitiva fácil pode mudar o foco atencional da tarefa de equilíbrio e melhorar o controle postural, enquanto que o aumento da dificuldade da tarefa cognitiva pode resultar em uma piora na oscilação postural. A terceira teoria é o modelo de priorização da tarefa, de Lacour, Bernard-Demanze e Dumitrescu (2008), a qual postula que os sujeitos priorizam a tarefa de controle postural sobre a atividade cognitiva sob específicas condições, como em condições posturais desafiadoras.

Uma vez evidenciada a interferência de tarefas cognitivas no desempenho de tarefas posturais, volta-se a públicos em que esta relação possa ser relevante, tais como os idosos. O processo de envelhecimento, por si só, acarreta na degradação de aspectos do corpo humano (JAMET *et al.*, 2004) relacionados, também, ao controle postural. É proposto que um processo cognitivo central mais lento é a causa primária do déficit de equilíbrio e do aumento do risco de quedas com o avançar da idade (MARSH; GEEL, 2000). Em função disso, a população idosa é muito acometida por quedas. Estima-se que um a cada três idosos cai ao menos uma vez a cada ano (RIBEIRO *et al.*, 2008) e suas consequências podem ser graves, como inatividade, morbidade e mortalidade (TINETTI *et al.*, 1988; SPEECHLEY; TINETTI, 1991; RIBEIRO *et al.*, 2008). Tem sido reportado que a demanda atencional em algumas tarefas pode prejudicar a capacidade de se manter em equilíbrio nos idosos mais que em adultos jovens (MARSH; GEEL, 2010; LISTON *et al.*, 2014) e este pode ser um fator determinante para a ocorrência ou não de queda durante a vida do idoso. Vários estudos (GUIMARÃES *et al.*, 2004; HORAK, 2006; GONÇALVES; RICCI; COIMBRA, 2009; MESSIAS; NEVES, 2009) têm sido feitos na tentativa de identificar quais os aspectos estão relacionados à ocorrência de quedas, como o de Gonçalves, Ricci e Coimbra (2009) de corte transversal, por exemplo, que comparou idosos caidores e não-caidores. Porém, na literatura pesquisada não foi encontrado nenhum estudo transversal que desse enfoque na influência de demandas atencionais no controle postural de idosos caidores e não-caidores, o que revela uma carência que necessita ser sanada.

Tão ou mais importante que avaliar o controle postural estático, em situações em que o indivíduo fica de pé mantendo o controle do equilíbrio do seu corpo, é também a avaliação de desempenhos em tarefas dinâmicas, como a marcha, por exemplo. A marcha é um fator determinante da independência do idoso, permitindo que ele realize as atividades de vida diária e mantenha o convívio social (MOCHIDA *et al.*, 2009). Alguns estudos (ROCHA *et al.*, 2013; GUADAGNIN *et al.*, 2015) têm sido feitos na tentativa de verificar o desempenho de adultos e idosos em tarefas de marcha perturbada, e anormalidades na mesma são relatadas como fatores funcionais que podem predizer o risco de quedas no idoso (YU *et al.*, 2009) A marcha com transposição de obstáculo, por exemplo, se assemelha a uma situação em que as quedas mais ocorrem: o tropeço (TINETTI *et al.*, 1988; LU; CHEN; CHEN, 2006), uma vez que na sua execução algumas variáveis podem ser bem relacionadas com a chance de quedas. No estudo de Rocha *et al.* (2013) foi encontrado que indivíduos idosos tem mais assimetrias na estratégia para transpor o obstáculo que adultos jovens, principalmente em dupla-tarefa, além de fazerem a tarefa da marcha mais lentamente. Já no estudo de Guadagnin *et al.* (2015), foi identificado que idosas ativas parecem responder de forma mais adequada e ter um melhor desempenho na marcha com obstáculo que idosas sedentárias, inclusive em situações em dupla tarefa. A condição de dupla tarefa caracteriza um efeito desestabilizador da marcha por meio da demanda cognitiva, podendo predispor os idosos a um maior risco de quedas (HOLLMAN *et al.*, 2007; PRIEST *et al.*, 2008), podendo ser maior ainda se a tarefa for executada com alguma perturbação.

Nesse sentido, tem-se a intenção de responder aos seguintes problemas de pesquisa:

- a) Qual a influência de tarefas cognitivas no desempenho das tarefas de controle postural em mulheres jovens e idosas?
- b) As tarefas cognitivas podem ser um fator preponderante na ocorrência de quedas em idosas?

1.2 OBJETIVO GERAL

Verificar o efeito de tarefas cognitivas no desempenho de tarefas de controle postural estático e dinâmico em adultas jovens e idosas caidoras e não-caidoras.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar e comparar o desempenho de jovens, idosas não-caidoras e idosas caidoras em testes de controle postural estático;
- b) Avaliar e comparar o desempenho de mulheres jovens, idosas não-caidoras e idosas caidoras no teste de marcha com transposição de obstáculo;
- c) Avaliar a influência da tarefa cognitiva durante o teste de Stroop no desempenho de tarefas de controle postural e marcha com transposição de obstáculo em mulheres jovens, idosas não-caidoras e idosas caidoras;
- d) Avaliar a influência da tarefa cognitiva durante o teste de contagem regressiva no desempenho de tarefas de controle postural e marcha com transposição de obstáculo em jovens, idosas não-caidoras e idosas caidoras;
- e) Verificar o efeito da tarefa motora de controle postural no desempenho dos testes cognitivos.

1.4 HIPÓTESES DE PESQUISA

- a) As idosas caidoras terão menor desempenho que idosas não-caidoras que terão menor desempenho que adultas jovens na tarefa de controle postural estático, em todas as situações;
- b) As idosas caidoras terão menor desempenho que idosas não-caidoras que terão menor desempenho que adultas jovens na tarefa de marcha de transposição do obstáculo, em todas as situações;
- c) O teste de Stroop vai prejudicar o desempenho nas tarefas de controle postural e de marcha com transposição de obstáculo em todos os indivíduos, porém mais em idosas caidoras;

- d) A tarefa de contagem regressiva vai prejudicar mais que a teste de Stroop o desempenho nas tarefas de controle postural e de marcha com transposição de obstáculo em todos os indivíduos, porém mais em idosas caidoras;
- e) A tarefa de controle postural afetará negativamente o desempenho das tarefas cognitivas.

1.5 JUSTIFICATIVA

O controle postural é um importante requisito para a manutenção do equilíbrio e, consecutivamente, para a não ocorrência de quedas. No dia a dia as pessoas executam a tarefa de manter o equilíbrio em diversos momentos, como quando se está caminhando, realizando tarefas domésticas, trabalhando, etc. Porém, em quase todos esses momentos essa tarefa é realizada com algum tipo de tarefa cognitiva simultânea, ou seja, algum processamento cognitivo diferente daquele necessário para a tarefa de equilíbrio postural, como quando se está conversando, calculando, resolvendo um problema, etc. Isto cria uma situação de dupla tarefa (uma cognitiva e uma essencialmente motora) que pode afetar o desempenho de alguma delas, tornando relevante saber qual o grau de influência.

Além disso, sabemos que o processo de envelhecimento pode acarretar declínio na função da maioria dos sistemas do corpo humano. Não sendo diferente para o sistema de controle postural, a população idosa é afetada frequentemente pela ocorrência de quedas, ou seja, falha no sistema de controle postural em manter o equilíbrio. As consequências de uma queda na terceira idade podem ser drásticas e entender o funcionamento da tarefa de controle postural durante processos cognitivos simultâneos ou se essas tarefas possuem relativa importância na ocorrência de quedas em idosos passa a ser importante, principalmente em mulheres idosas, visto a grande frequência em que isso ocorre no dia a dia.

Além disso, encontrar soluções práticas para minimizar a influência das tarefas cognitivas sobre o controle postural passa a ser relevante nesse contexto. Evidenciar uma falta de controle postural em situações de dupla tarefa pressupõe

que há a necessidade de se pensar em intervenções que possam melhorar o desempenho de idosos durante tarefas semelhantes.

Portanto, defende-se aqui a confirmação da identificação de que tarefas cognitivas afetam o desempenho de tarefas motoras, principalmente em idosos, como modo de fortalecer a busca por soluções ao problema apresentado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O presente trabalho pretende revisar estudos relacionados ao controle postural e fatores que interferem nessa variável, inicialmente sem se preocupar com o público-alvo do estudo. Após isso, será revisada a influência do envelhecimento sobre o controle postural e estudos que remetem à ocorrência de quedas. Por fim, será revisado o mecanismo da dupla-tarefa, com estudos realizados na comparação de controle postural com tarefas cognitivas.

2.1 CONTROLE POSTURAL

O controle postural tem sido objeto de estudo de muitos profissionais da área da saúde e pode ser definido como um processo pelo qual o sistema nervoso central gera padrões de atividade muscular requeridos para regular a relação entre o centro de massa corporal e a base de suporte (MAKI; MCLLROY, 1996). O centro de força (COP) e o centro de gravidade ou centro de massa (CG) são as variáveis mais comumente utilizadas para avaliar o controle postural. Em geral, a quantificação do COP ou do CG a cada instante de uma avaliação nos dá o seu deslocamento ao longo de um determinado período de tempo. Esse deslocamento está intimamente ligado à oscilação corporal e o aumento dessa oscilação indica que o CG do corpo se aproxima mais dos limites da base de suporte (BOS) o que representa diminuição da estabilidade corporal (QU; NUSSBAUM, 2009).

Basicamente, o sistema de controle postural é baseado em três principais etapas sequenciais que são a recepção sensorial, o processamento cognitivo central e a resposta motora (JAMET *et al.*, 2004). Com relação a recepção sensorial a fonte de informação provém de três canais sensoriais diferentes: visual, vestibular e somatossensorial (MOCHIZUKI; AMADIO, 2003; BONFIM; POLASTRI; BARELA, 2006). Já o processamento cognitivo central se refere ao processamento das informações sensoriais e ao envio de respostas adequadas a partir do sistema nervoso central, enquanto que a resposta motora se refere ao correto recrutamento dos músculos posturais para manter a oscilação do centro de gravidade dentro da base de apoio (MOCHIZUKI; AMADIO, 2003).

2.1.1 Sistema vestibular

O sistema vestibular fornece informações sobre a posição e movimento da cabeça em respeito à força da gravidade e forças inerciais (DUARTE, 2000). Baseia-se em estímulos provenientes do aparato vestibular, localizado na orelha interna, para fornecer informações ao sistema de controle postural sobre a orientação da cabeça em relação à atuação da força gravitacional, por meio das informações de aceleração linear e angular da cabeça (JÚNIOR; BARELA, 2006).

Ele possui dois tipos de receptores que sentem diferentes aspectos da orientação e movimento da cabeça. Os receptores que detectam acelerações angulares são os canais semicirculares preenchidos com fluido. Certas regiões desses canais têm células sensoriais ciliares. Quando a cabeça roda, a inércia do fluido move essas células ciliares e causa a liberação de um neurotransmissor. Os canais semicirculares são particularmente efetivos na detecção de rápidas acelerações. Os receptores que detectam alterações lineares são o utrículo e o sáculo. Dentro destas estruturas há uma região chamada mácula com células ciliares, que se protegem em uma membrana gelatinosa, o otólito. O movimento linear desta membrana gelatinosa provoca uma inclinação das células ciliares causando a liberação de um neurotransmissor (DUARTE, 2000).

Segundo Spirduso (2005) o sistema vestibular dá informações de referências necessárias para controlar a oscilação corporal. O sistema vestibular fornece, ao sistema nervoso central, informações sobre a posição e movimentação da cabeça no espaço, em relação à força gravitacional e às forças inerciais (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1995; SPIRDUSO, 2005). Como os olhos podem-se mexer enquanto a cabeça está estacionária e a cabeça pode-se mexer enquanto os olhos permanecem fixos em um alvo, o papel do sistema vestibular é crucial, pois fornece informações que são independentes das dicas visuais (SPIRDUSO, 2005).

2.1.2 Sistema somatossensorial

O sistema somatossensorial baseia-se em informações de diversos sensores espalhados por todo corpo (i.e. fusos musculares, órgãos tendinosos de Golgi, receptores articulares e cutâneos, etc.), para fornecer um conjunto de informações sobre a posição e a velocidade de todos os segmentos corporais, em relação aos outros segmentos e em relação ao ambiente, o comprimento muscular e o contato com objetos externos, incluindo o contato com a superfície de suporte (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1995; SPIRDUSO, 2005; JÚNIOR; BARELA, 2006; ALMEIDA; CAMARGOS; CORRÊA, 2009).

Almeida, Camargos e Corrêa (2009) relataram que o sistema somatossensorial possui grande capacidade de se reorganizar, chamada de plasticidade cortical ou neuroplasticidade e, seu desenvolvimento depende de estímulos, pois a área de representação cortical motora é mais desenvolvida em pessoas que têm maior uso em virtude de alguma deficiência ou prática específica. As informações deste sistema são colhidas em todo o corpo podendo ser através do toque, temperatura, dor e propriocepção, tendo essa última especial importância no controle postural pela identificação a todo instante das posições corporais e correção da geometria corporal (MOCHIZUKI; AMADIO, 2003). Em superfícies estáveis o sistema somatossensorial é predominante sobre os demais, visto que existem evidências literárias da superioridade dessa informação na manutenção do equilíbrio postural, sendo o risco de queda muito maior em pacientes com o sistema nervoso central afetado (MERGNER; HUBER; BECKER, 1997; NARDONE; GRASSO; SCHIEPPATI, 2006).

A sensibilidade cutânea (exterocepção) da superfície plantar e o teste de sensibilidade ao movimento passivo para avaliar o limiar de detecção de movimento (propriocepção) passivo articular de joelho e de tornozelo são exemplos de variáveis utilizadas para a avaliação do sistema somatossensorial e foram usados no estudo de Toledo e Barela (2010). A exterocepção foi avaliada por meio de um Kit Estesiômetro que consiste em um conjunto de seis monofilamentos de nylon, com diâmetros diferentes, que exercem pressão sobre a pele de acordo com a gramagem do filamento, que varia de 0,05 a 300 g. Quanto menor a gramagem do filamento sentido pelo avaliado, melhor é a sua sensibilidade cutânea. Já para a propriocepção foi utilizado um equipamento especialmente desenvolvido para esse

experimento, com base no CPM (*Continuous Passive Motion*). Nesse equipamento, o participante, sentado, permanece com o pé direito apoiado em uma base que realiza ora flexão plantar, ora dorsiflexão do tornozelo a 0,5 grau/segundo. Para o movimento de joelho, o participante permanece sentado, com as pernas pendentes, e o joelho direito ora é flexionado, ora estendido por meio do sistema que tocava a parte posterior do calçado do participante. Assim que o participante, de olhos fechados, detectava que a perna ou o pé estava sendo movimentado, ele acionava um dispositivo, mantido em sua mão durante a execução da avaliação (TOLEDO; BARELA, 2010). A percepção ao movimento passivo, nesse estudo, foi o principal fator associado ao déficit de controle postural.

2.1.3 Sistema visual

Já é sabido que o controle postural depende das informações sensoriais disponíveis para que ações motoras sejam desencadeadas. Pode-se dizer que o sistema visual fornece informações sobre o ambiente, a localização, a direção e a velocidade de movimento do indivíduo (MOCHIZUKI; AMADIO, 2003; SPIRDUSO, 2005). Para Owsley (2003), para a maioria das pessoas, as medidas de acuidade visual e de sensibilidade ao contraste seriam uma indicação adequada de desempenho visual e importante para o controle postural.

Porém, o efeito da visão irá depender da tarefa e do contexto, no qual a cena visual móvel poderá induzir uma percepção ilusória de movimento do próprio corpo e afetar a manutenção do equilíbrio postural, gerando oscilação corporal. Além disso, a influência da cena móvel na estabilidade postural depende das características, não só do ambiente visual, mas também da superfície de suporte, incluindo tamanho da base de suporte e sua rigidez e conformidade (HORAK; MACPHERSON, 1996). O deslocamento de um alvo estruturado na retina, segundo Paulus, Straube e Brandt (1984), é o principal estímulo visual para o sistema de controle postural controlar a magnitude de oscilações corporais. Na verdade, o sistema de controle postural busca manter as dimensões de um cenário visual estruturado na retina para diminuir a oscilação corporal. Quando o indivíduo oscila para frente, a referência visual que estava projetada na retina aumenta de tamanho, isto faz com que o sistema de

controle postural altere o sentido da oscilação para manter o quadro de referência estabelecido (ISABLEAU *et al.*, 1997; GUERRAZ *et al.*, 2000).

Portanto, o sistema visual utiliza-se de estímulos visuais para fornecer informações do ambiente e da direção e velocidade dos movimentos corporais em relação ao ambiente, além de diferenciar o que é auto-movimento, ou movimento do próprio corpo, do que é movimento de um objeto no ambiente. Sua eficácia para o controle postural depende, basicamente, da eficiência deste sistema em detectar, por meio de alterações no fluxo óptico, movimentos corporais relativos a um determinado ambiente (JÚNIOR; BARELA, 2006).

2.1.4 Controle postural e envelhecimento

O envelhecimento da população é uma realidade em nosso país e no mundo e com isso vem o aumento das doenças associadas ao envelhecimento (MACIEL; GUERRA, 2005). As projeções indicam que, em 2050, a população mundial idosa será de aproximadamente dois bilhões de pessoas (IBGE, 2002).

Outro dado relevante que corrobora com a informação de envelhecimento da população é que, no Brasil, a proporção de indivíduos que ultrapassam os 60 anos de idade saltou de 25%, no início do século XX, para cerca de 70%, no final deste mesmo século (CHAIMOWICZ, 1997). O envelhecimento traz consigo deteriorações na maioria dos nossos sistemas e funções, afetando também o equilíbrio e o controle postural.

Estudos na literatura ainda do século passado já identificaram maiores oscilações corporais em idosos quando comparados a adultos (HORAK; SHUPERT; MIRKA, 1989; MAKI; HOLLIDAY; FERNIE, 1990; TEASDALE *et al.*, 1991; BLASZCZYK; HANSEN; LOWE, 1993; BLASZCZYK; LOWE; HANSEN, 1994; COLLINS *et al.*, 1995; HAGEMAN; LEIBOWITZ; BLANKE, 1995; HAY *et al.*, 1996; NEWELL *et al.*, 1997). Tais oscilações indicam alterações no sistema de controle postural (JÚNIOR; BARELA, 2006) e suas causas são estudadas ainda até o dia de hoje.

O foco desse estudo foi nos indivíduos idosos, uma vez que estes estão mais suscetíveis as consequências de déficits no controle postural, sendo consenso que

os idosos têm capacidade de controle postural reduzida (JÚNIOR; BARELA, 2006). Mesmo sem alguma patologia específica, o envelhecimento pode afetar o equilíbrio, produzindo mudanças em todos os níveis do sistema de controle postural que levam a desordens nas funções sensoriais, processamento cognitivo central e resposta motora (JAMET *et al.*, 2004). A consequência mais grave dessa disfunção do sistema de controle postural é a queda (TOLEDO; BARELA, 2010).

Segundo Maciel e Guerra (2005) os sistemas visual, somatossensorial e vestibular são afetados pelo envelhecimento e várias etapas do controle postural podem ser suprimidas, diminuindo a capacidade compensatória do sistema de controle postural, levando a um aumento da instabilidade. Essa afirmação é corroborada por JAMET *et al.* (2004).

Além disso, as estruturas centrais como núcleo vestibular, cerebelo e ventrículo podem sofrer modificações. Ainda, alterações no sistema nervoso central tais como a diminuição na velocidade de transmissão do impulso nervoso nos neurônios sensoriais e motores, a perda significativa de neurônios, de dendritos e redução no número de ramificações nervosas que prejudicam a comunicação entre as células nervosas, a diminuição do metabolismo cerebral, a redução da perfusão cerebral e alteração no metabolismo dos neurotransmissores são fatores que se relacionam com o déficit de equilíbrio (JÚNIOR; BARELA, 2006).

Por fim, as respostas motoras são afetadas principalmente pela perda de massa muscular e força e pelo aumento da latência na resposta muscular (HAGEMAN; LEIBOWITZ; BLANKE, 1995; HÄKKINEN *et al.*, 1996; JAMET *et al.*, 2004). Com relação aos músculos, não se pode deixar de citar ainda a diminuição da capacidade elástica do músculo, somada às mudanças estruturais e funcionais das articulações sinoviais, pode levar os idosos a apresentar menor grau de flexibilidade e, conseqüentemente, menor amplitude de movimento articular (VANDERVOORT *et al.*, 1992; GUIMARÃES; FARINATTI, 2005), fator que pode ser considerado no déficit de controle postural.

2.2 QUEDA NA TERCEIRA IDADE

A queda é uma inabilidade do sistema de controle postural de manter o equilíbrio postural é o tipo de acidente mais frequente no idoso, sendo suas complicações as principais causas de morte em indivíduos maiores que 65 anos (MACIEL; GUERRA, 2005). Masud e Morris (2001) publicou as primeiras definições, como a de Isaacs (1985, *apud* MASUD; MORRIS, 2001) que define uma queda “quando a projeção da linha do centro de gravidade ultrapassa o limite da base de suporte e a correção não é feita a tempo” ou a de ORY *et al.* (1983 *apud* MASUD; MORRIS, 2001) que define a queda como “não-intencional ida ao chão, piso ou outro nível”. As quedas podem também ser definidas como eventos não-intencionais que resultam na mudança de posição inesperada do indivíduo para um nível inferior à posição inicial, com incapacidade de correção em tempo hábil (FERREIRA; YOSHITOMI, 2010).

Estima-se que um a cada três idosos cai ao menos uma vez a cada ano (RIBEIRO *et al.*, 2008) e suas consequências podem ser graves, como inatividade, morbidade e mortalidade (TINETTI; SPEECHLEY; GINTER, 1988; SPEECHLEY; TINETTI, 1991; RIBEIRO *et al.*, 2008). Segundo Masud e Morris (2001) a proporção de indivíduos idosos com mais de 65 anos que caem pelo menos uma vez dentro de um ano varia de 28 a 35% e acima de 75 anos é de 32 a 42%. Até mesmo idosos saudáveis caem, com uma incidência de 15%. Além disso, um indivíduo que cai uma em dois terços de chance a mais de ter uma nova queda no ano seguinte (NEVITT *et al.*; 1989) e segundo Tinetti *et al.* (1989) 50% dos idosos institucionalizados tiveram pelo menos uma queda pelo menos uma vez no período de um ano. Ferreira e Yoshitomi (2010) encontraram uma prevalência de 37,2% em idosos institucionalizados da cidade de São Paulo.

Toledo e Barela (2010) relata que a queda é uma causa externa que acarreta consequências funcionais aos idosos e representa um grande problema para estes, dadas as suas consequências, como lesões de partes moles, restrição prolongada no leito, hospitalização, institucionalização, risco de doenças, fraturas, incapacidade e até morte (JÚNIOR; BARELA, 2006). Além disso, o medo de novas quedas leva o idoso a diminuir suas atividades, provocando a síndrome da imobilidade (TOLEDO; BARELA, 2010). Segundo Masud e Morris (2001), 40 a 60% das quedas levam a lesões, das quais 30 a 50% são lesões leves, 5 a 6% são graves (exceto fraturas) e

5% são fraturas. Além disso, mais de 1% das quedas resultam em fratura do quadril (TINETTI; SPEECHLEY; GINTER, 1988), que leva a uma significativa morbidade, mortalidade e custo de serviços de saúde. Outro dado alarmante é o de que 80% das idosas que caíram e tiveram fratura de quadril e que tiveram que contratar enfermeiras domésticas relataram preferirem estarem mortas que ter a experiência de perde da independência e da qualidade de vida (SALKED *et al.*, 2000).

De tão grande a incidência das quedas, alguns estudos procuraram elaborar uma série de fatores de risco para ocorrência das quedas, como por exemplo o de Rubenstein e Josephson (1996). Eles citam que as principais causas das quedas são: acidentes relacionados ao ambiente, fraqueza ou distúrbios do equilíbrio ou da marcha, tontura ou vertigem, gota, confusão, hipotensão postural, distúrbios visuais e síncope. Os mesmos autores, então, desenvolveram os fatores de risco para a ocorrência de quedas, que são: fraqueza, déficit de equilíbrio, limitação da mobilidade, déficit na marcha, déficit visual, déficit cognitivo, debilitadas atividades da vida diária e hipotensão postural.

Fernie *et al.* (1982) é um estudo clássico, que identificou em um grupo de 205 idosos uma incidência de quedas de 42% na amostra estudada. Além disso, uma variável de oscilação postural foi diferente entre os idosos caidores e os não-caidores, a velocidade medida de oscilação, avaliada por meio de transdutores de deslocamento acoplados na pelve dos indivíduos. Esta variável foi significativamente menor ($p < 0,05$) em idosos não-caidores (17,5 cm/min com olhos abertos e 20,9 cm/min com os olhos fechados) que em idosos caidores (22,2 cm/min com olhos abertos e 26,5 cm/min com os olhos fechados).

Já Melzer, Benjuya e Kaplanski (2004) avaliaram 143 idosos divididos em não-caidores e caidores e compararam a oscilação postural em diferentes situações. Foi identificado que os idosos caidores oscilaram mais que os não-caidores para quase todas as variáveis do estudo apenas na condição em que a base de suporte foi estreita (posição em tandem), onde a oscilação dos idosos foi maior na direção médio-lateral. Esses achados sugerem que os idosos caidores são diferentes quando a situação for mais desafiadora, pois não houveram diferenças quando a dificuldade imposta era pequena.

Ribeiro *et al.* (2008) realizaram um estudo exploratório no qual analisaram o efeito das quedas e suas consequências na qualidade de vida de idosos de uma comunidade de baixa renda do município do Rio de Janeiro. Entre as consequências mais citadas das quedas estão as fraturas (24,3%), o medo de cair (88,5%), o abandono de atividades (26,9%), a modificação de hábitos (23,1%) e a imobilização (19%). Comparando indivíduos caidores com indivíduos não caidores a análise mostrou que há influência das quedas na qualidade de vida dos idosos estudados. Em todos os domínios do *WHOQOL-Bref*, houve redução nas médias do grupo que caiu no último ano em relação aos que não caíram e a diferença foi mais significativa no domínio psicológico. Portanto, é evidente que a ocorrência de uma queda tem consequências graves para o idoso, sendo uma temática de extrema relevância para estudos futuros.

Siqueira *et al.* (2007) objetivaram analisar a prevalência de quedas em idosos e a influência de variáveis a elas associadas em estudo transversal com amostra composta por 4.003 idosos com 65 anos ou mais residentes na área de abrangência de unidades básicas de saúde de 41 municípios, com mais de 100 mil habitantes, de sete estados do Brasil. A prevalência de quedas entre os idosos foi de 34,8%, significativamente maior nas mulheres (40,1%). A prevalência de quedas associou-se com idade avançada, sedentarismo, autopercepção de saúde como sendo ruim e maior número de medicações referidas para uso contínuo. Entre os que sofreram quedas, 12,1% tiveram fratura como consequência. Portanto, uma alta prevalência (mais de um terço) e graves consequências (fraturas) são informações relevantes que novamente dão importância à temática.

Toledo e Barela (2010) realizaram um estudo comparando idosos e adultos jovens quanto às contribuições somatossensoriais e motores no controle postural. 20 idosos ($68,9 \pm 3,7$ anos de idade) e 20 jovens ($21,9 \pm 2,1$ anos de idade) realizaram testes visuais; somatossensoriais (sensibilidade cutânea e cinestésica); motores (torque articular e latência de ativação muscular) e de controle postural (postura ereta em semi-tandem). Os resultados indicaram desempenho inferior dos idosos nos testes sensoriais: acuidade visual ($p=0,001$); sensibilidade ao contraste visual ($p=0,009$); sensibilidade cutânea ($p<0,001$); sensibilidade cinestésica de joelho ($p<0,001$) e tornozelo ($p<0,001$); e motores: torque em flexão de joelho feminino

($p=0,010$) e masculino ($p<0,001$); extensão de joelho feminino ($p=0,002$) e masculino ($p<0,001$); dorsiflexão de tornozelo feminino ($p=0,029$) e masculino ($p=0,006$), flexão plantar de tornozelo feminino ($p=0,004$) e masculino ($p=0,004$) e latência de ativação muscular ($p<0,001$). Os idosos também apresentaram maior oscilação corporal na direção anteroposterior (idosos: 0,33 cm; adultos: 0,24 cm; $p=0,035$) e uma análise de regressão múltipla revelou que a percepção ao movimento passivo foi a única variável que contribuiu para a maior oscilação corporal nessa direção em idosos ($R^2=0,142$, $p<0,05$).

Utilizando uma sala móvel, Wade *et al.* (1995) e Sundermier *et al.* (1996) verificaram que idosos respondem com maior oscilação corporal às modificações do fluxo óptico, oscilando mais quando submetidos aos movimentos da sala, quando comparados aos adultos. Segundo os autores, os idosos oscilam mais quando submetidos aos movimentos do cenário visual principalmente devido à uma diminuição da capacidade dos sistemas somatossensorial e vestibular em detectar movimentos corporais.

2.2.1 Fatores de risco para quedas

Estudos que procuram entender o que pode ser ou não determinante para uma queda são feitos ao serem avaliados alguns parâmetros na comparação de indivíduos caídores e não-caídores. Um estudo de Antero-Jacquemin *et al.* (2010) compararam, por exemplo, a força isocinética das articulações do tornozelo, joelho e quadril em idosos caídores e não-caídores. De uma forma geral encontraram nas variáveis analisadas que a maioria das relacionadas ao joelho, como por exemplo pico de torque de extensão ($p=0,030$), pico de torque de flexão ($p=0,027$), trabalho por peso corporal na flexão de joelho ($p=0,040$) e potência média de flexão em alta velocidade angular ($180^\circ/s$) ($p=0,033$), foi menor no grupo de idosos caídores. Esse fato denota que essa pode ser uma variável importante que pode determinar a ocorrência ou não de uma queda. Os autores concluem que é fundamental avaliar a função muscular de idosos, principalmente da articulação dos joelhos, de forma a melhorar a intervenção terapêutica e diminuir a ocorrência de quedas.

Nascimento, Vareschi e Alfieri (2008) avaliaram quais os fatores mais relacionados à ocorrência de quedas em idosos institucionalizados da cidade de São Paulo. Foram avaliados 34 idosos e o índice de caidores foi de 34,29%. Foram verificados quais os fatores intrínsecos e extrínsecos associados às quedas e foi encontrado que o fator intrínseco mais relacionado à ocorrência de queda foi a fraqueza muscular, seguido de desmaio e de falta de equilíbrio. Como fator extrínseco, o fator tropeçar em algo foi o mais encontrado, seguido de escorregar em piso molhado e depois em escorregar em um tapete. Tais dados podem revelar quais os fatores mais significativos para a ocorrência de quedas.

Guimarães e Farinatti (2005) procuraram identificar a associação de fatores intrínsecos e extrínsecos na ocorrência de quedas em 34 idosos institucionalizados da cidade de São Paulo. A prevalência de quedas foi de 35,29% e os fatores intrínsecos que mais foram responsáveis por quedas foram: Fraqueza muscular, seguido de desmaios e de falta de equilíbrio. Já como os fatores extrínsecos mais associados a quedas foi encontrado: tropeço, seguido de escorregar em piso molhado, seguido de escorregar em tapete. Tais dados revelam alguns fatores que podem ser determinantes para a ocorrência de quedas.

Pijnaples *et al.* (2008) verificaram a associação de medidas de força muscular com a habilidade de evitar quedas em tarefas que implicavam repentinamente uma situação para o tropeço do avaliado durante a marcha. Foram avaliados a força máxima de flexores plantares do tornozelo, de extensores de joelhos em cadeira extensora e em *leg press* e o desempenho em saltos verticais. Foi identificado que aqueles que conseguiram evitar a queda tiveram maiores forças máximas significativamente maiores que os indivíduos que caíram durante as avaliações de marcha perturbada.

Em estudo de revisão de literatura Kirkwood, Araújo e Dias (2006) verificaram que, até aquele ano, a maioria dos estudos identificou diferenças na marcha de idosos caidores, ao ser comparado com idosos não-caidores. Em conclusão, reportaram que idosos caidores não estão aptos a ativar as estratégias necessárias para se protegerem contra as quedas e é possível que idosos caidores por fraqueza dos músculos sóleo e gastrocnêmio e por alterações de comando central, não geram mecanismos eficazes para compensar as perdas, advindas do processo de

envelhecimento, através do aumento da atividade de músculos sinergistas e ou antagonistas na tentativa de manter a estabilidade do membro durante a fase de apoio da marcha.

Maciel e Guerra (2005) avaliaram 310 idosos da cidade de Santa Cruz -RN - Brasil em teste de equilíbrio unipodal de 30 segundo e correlacionaram os dados com aspectos de saúde física, de saúde mental e de aspectos sociodemográficos. Primeiramente encontraram que 46,1% dos idosos possuem alguma alteração do equilíbrio (não permanecer por pelo menos 20s em apoio unipodal) ou não foram capazes de realizar o teste de equilíbrio. Observou-se associação significativa entre as variáveis sociodemográficas idade, sexo, escolaridade, estado civil, atividades nas horas livres com a presença de déficit de equilíbrio. Para as variáveis de saúde física e mental, foi verificada associação com a percepção de saúde, déficit visual, déficit auditivo, presença de sintomatologia depressiva e déficit cognitivo. Porém, na análise multivariada, entraram no modelo de regressão apenas as variáveis que tiveram $p < 0,05$, permanecendo com associação significativa as variáveis idade acima de 75 anos (OR= 6,23), sexo feminino (OR= 3,79), ser semi-analfabeto ou analfabeto (OR=3,29), má percepção de saúde (OR=2,96) e ter déficit auditivo (OR=3,28), como os principais fatores responsáveis por déficit de equilíbrio.

O estudo de corte transversal de Gonçalves, Ricci e Coimbra (2009) objetivou avaliar e comparar o equilíbrio funcional de idosos da comunidade sem história de quedas, com uma queda e com quedas recorrentes. A amostra constituída por 96 sujeitos, com idade igual ou superior a 65 anos, divididos igualmente em três grupos de acordo com o histórico de quedas relatado no último ano. Foram utilizados como instrumentos a *Berg Balance Scale* (BBS) e o *Timed Up and Go Test* (TUGT) para avaliação do equilíbrio. Foi encontrado que idosos com histórico de uma queda e quedas recorrentes realizaram o TUGT em um tempo maior do que idosos sem relato de quedas, sendo esta diferença significativa ($11,43 \pm 2,95$ segundos para o grupo 'sem quedas', $14,57 \pm 4,23$ segundos para o grupo 'com uma queda' e $14,48 \pm 4,46$ segundos para o grupo 'quedas recorrentes'; $p=0,002$). Na avaliação pela BBS, idosos que apresentaram quedas recorrentes pontuaram significativamente menos do que aqueles sem quedas ($52,00 \pm 3,60$ pontos para grupo 'sem quedas', $49,97 \pm 4,60$ pontos para o grupo 'com uma queda' e $48,91 \pm 4,55$ pontos para o grupo

'quedas recorrentes'; $p=0,013$). Portanto, idosos com histórico de quedas apresentaram comprometimento na avaliação do equilíbrio funcional em relação àqueles sem quedas.

Aveiro *et al.* (2012) avaliaram a mobilidade como um fator de risco para quedas, através do *Time Up and Go*, comparando idosos caidores e não-caidores ($n=739$) na comunidade de São Carlos/SP. O desempenho no teste foi diferente entre os grupos, os idosos considerados caidores demoravam mais tempo para a realização do teste (caidores $13,35 \pm 4,57$ segundos; não-caidores $11,71 \pm 3,61$ segundos; $p < 0,001$). Além disso, idosos com maiores idades também realizaram o teste de forma mais lenta.

Guimarães *et al.* (2004) avaliaram a propensão de quedas em idosos que praticam atividades físicas e idosos sedentários. Foi utilizado o teste *Time Up & Go* para avaliar o nível de mobilidade funcional em 20 idosos que praticam atividade física e 20 idosos sedentários. No grupo de idosos que praticam atividade física, a média de tempo de realização do teste foi de 7,75 s, sendo que 95% realizaram o teste com menos de 10 segundos, 5% realizaram entre 10 e 20 segundos e nenhum idoso realizou acima de 20 segundos. Já no grupo de idosos sedentários, a média foi de 13,56 segundos, sendo que 15% realizaram o teste com menos de 10 segundos, 80% realizaram entre 10 e 20 segundos e somente 5% realizaram o teste com mais de 20 segundos. Essas diferenças foram estatisticamente significativas ($p<0,001$). Os autores concluem que idosos que praticam atividade física levaram menor tempo para realização do teste quando comparados com os idosos sedentários e devido a isso têm menor propensão a quedas.

Arantes *et al.* (2009), realizaram um estudo de corte transversal comparando parâmetros espaço-temporais da marcha de idosas praticantes de hidroginástica com idosas praticantes de musculação. Foi encontrada um aumentado tamanho de passada ($p=0,025$), um menor tempo de suporte simples ($p<0,001$) e um menor tempo de suporte duplo ($p<0,001$) para o grupo de idosas praticantes de musculação, o que segundo os autores retrata uma marcha mais semelhante a indivíduos com melhor condição física e com o menor risco de quedas. Nesse sentido, uma alternativa para idosos caidores ou não-caidores se precaverem de eventos de queda pode ser o treinamento de força através da musculação.

Skelton, Kennedy e Rutherford (2012) avaliaram 35 idosas divididas em não-caidoras e caidoras e compararam variáveis de força, potência e assimetrias nos membros inferiores. Foi identificado que a menor potência de membros inferiores e maiores assimetrias entre membros são fatores que podem estar relacionados a quedas, pois foram diferentes entre os grupos. Outra variável que é reportada como parâmetro de queda é a variabilidade entre cada passo dado. Foi relatado por Hausdorff *et al.* (2007) que esta é uma variável que pode estar relacionada ao aumento do risco de quedas em idosos.

Em estudo de Gai *et al.* (2010) identificaram diferenças entre idosos caidores e não-caidores e procuraram identificar fatores de risco. Os indivíduos caidores tiveram pior desempenho no teste de alcance funcional (20,7 contra 35,5; $p=0,03$) e na escala de Tinetti (22,0 contra 24,5; $p=0,004$) que os idosos não-caidores. Porém, não foi encontrada relação da ocorrência de quedas com os fatores avaliados no estudo: idade, queixa de tontura, prática de exercício, uso de medicação psicotrópica, participação em atividades de grupo, receber aposentadoria ou pensão, ainda trabalhar, renda mensal, escolaridade, estado civil, ter acompanhante na residência, nota obtida na Escala de Depressão Geriátrica e respostas obtidas para auto-percepção de saúde e autopercepção da visão.

Outro fator que acomete indivíduos idosos que caem é o medo de cair. Segundo estimativas, em torno de um terço das pessoas desenvolvem medo de cair depois de um incidente de queda, sendo que as mulheres desenvolvem mais que homens (VELLAS *et al.*, 1997). Além disso, aqueles que tem medo de cair tem um risco de queda aumentado, reduzindo as atividades de vida diária, diminuindo a qualidade de vida e aumentando a institucionalização (CUMMING *et al.*, 2000).

Vellas *et al.* (1997) procuraram identificar as características de 487 idosos que desenvolvem o medo de cair depois de terem sido acometidos por uma queda e também investigaram a associação do medo de cair com mudanças na saúde ao longo dos anos. Para tanto, acompanharam os idosos por um período de dois anos onde avaliavam a ocorrência de quedas por meio de cartas ou por entrevistas telefônicas com um questionário padrão para circunstâncias, medo de cair e consequências de cada queda relatada. A cada ano era realizado um exame físico. Foi encontrado que 32% das pessoas que caíram relataram medo de cair, sendo

que os maiores relatos foram para as mulheres (74%), quando comparados aos homens (26%). Foi encontrado a partir dos testes que dentre os idosos que reportaram medo de queda a incidência de déficit de equilíbrio é maior (31,9% contra 12,8%, naqueles que não relataram medo) e a incidência de desordens de marcha também é maior (31,9% contra 7,4%, naqueles que não relataram ter medo). Alguns fatores associados ao medo de cair, dentre os utilizados no estudo, foram fraca auto-percepção da saúde física, anormalidades na marcha, déficit cognitivo e recursos econômicos.

Cumming *et al.* (2000) avaliaram o impacto do medo de cair na saúde de idosos. 528 idosos participaram e foram acompanhados por um período de doze meses. Foram avaliados a escala de eficácia de quedas de Tinetti e a habilidade na execução de 10 tarefas da vida diária, assim como um questionário de qualidade de vida. Foi encontrado que os indivíduos com baixos escores de eficácia de quedas tiveram um aumento do risco de quedas, havendo também um declínio na habilidade de executar as tarefas de vida diária, quando comparados com idosos com bons escores de eficácia de quedas. Além disso, a qualidade de vida tendeu a ser menor nos indivíduos que reportaram uma eficácia de quedas menor.

Em um estudo de Pimentel e Scheicher (2013) foram comparadas a mobilidade, a força muscular e medo de cair em idosas não-caidoras e caidoras. Não houveram diferenças entre os grupos de idosas não-caidoras e caidoras para as variáveis estudadas. Porém, foi relatado por 92,5% das participantes que tiveram medo de cair, avaliado por meio do questionário *Falls Efficacy Scale International-Brasil*. Ou seja, até mesmo idosos que não caíram podem possuir medo de cair.

Maki (1997) realizou um estudo no qual verificaram se medidas espaço-temporais do posicionamento do pé durante a caminhada pode prever futuras quedas ou se estas medidas podem ser indicativas de adaptações associadas a um medo de cair pré-existente, avaliada em pré-teste. Medidas foram feitas em intervalo de tempo de um ano, no qual foram monitoradas o histórico de quedas, em 61 idosos com média de 82 anos de idade. Eles encontraram que um reduzido comprimento da passada, reduzida velocidade, aumento do tempo de duplo suporte e pequenos escores em testes clínicos de marcha foram associados com o medo de cair e pouca evidência de associação com as ocorrências de quedas. Aumentos da variabilidade

dos comprimentos dos passos, velocidade e duplo suporte foram associados com queda, mas pouca evidência relacionada ao medo de cair. Aumentada largura da passada mostrou alguma evidência de associação com o medo de cair e com a ocorrência de quedas. O maior preditor de quedas foi a variabilidade dos passos em velocidade. Ao contrário do esperado, algumas variáveis relatadas como predictoras de quedas, como diminuição do comprimento do passo e velocidade e aumento do suporte duplo, são mais associadas com o medo de cair. A variabilidade no comprimento do passo é, independente, um preditor de queda e pode ser uma medida muito útil para identificar o alto risco de quedas e achar intervenções preventivas. A largura da passada pode ser outra medida preditiva de quedas.

Durante a execução de tarefas dinâmicas, tem-se objetivado verificar fatores que podem estar relacionados à ocorrência de quedas. Em tarefas de marcha com obstáculo, por exemplo, uma variável que pode ser considerado um marcador útil de risco de tropeços em idosos, é a distância vertical mínima do pé para o obstáculo. Esta variável está diretamente ligada ao mecanismo de um tropeço (contato do pé com o solo), que ocorre quando essa distância for reduzida para zero (BARRETT; MILLS; BEGG, 2010)

Já Lowrey *et al.* (2007) avaliaram o desempenho da tarefa de transposição de um ou dois obstáculos, comparando um grupo de 8 idosos (com média de 76 anos) e um grupo de 8 jovens (com média de 23 anos). Eles foram instruídos a caminhar ao longo de um caminho de 5m e ultrapassar o obstáculo com velocidades auto-selecionadas. Os autores verificaram que a adição de um obstáculo a mais na tarefa não interferiu nos resultados pesquisados. Porém, os idosos realizaram a tarefa com maior segurança, reduzindo a velocidade da marcha, e diminuindo a distância horizontal do pé ao obstáculo após a transposição em uma menor base de suporte, estratégia que pode aumentar o risco de quedas dos indivíduos idosos, em função de uma proximidade maior ao obstáculo poder causar um tropeço.

2.3 DUPLA TAREFA

O mecanismo da dupla tarefa tem sido estudado há algum tempo e tem nos mostrado que tarefas concorrentes que exigem relativa demanda atencional podem

afetar o desempenho uma das outras quando realizadas simultaneamente. A interferência da dupla tarefa ocorre quando as necessidades das tarefas excedem a capacidade atencional do sistema nervoso central (BURKE *et al.*, 1996). Para a condição de dupla tarefa a partir de uma tarefa motora e uma tarefa cognitiva tem sido dado o nome de interferência cognitivo-motora ou, do inglês, *cognitive-motor interference* (CMI).

O CMI ocorre quando o desempenho simultâneo de uma tarefa motora e de uma tarefa cognitiva resulta em decréscimo no desempenho em uma ou nas duas tarefas, quando comparadas ao desempenho das mesmas tarefas realizadas separadamente (PLUMMER-D'AMATO *et al.*, 2013). Tais atividades são bem frequentes na vida diária. O decréscimo em desempenho em situação de dupla-tarefa em CMI parece ser uma evidência de que a capacidade de processamento do cérebro é limitada, refletindo uma demanda competitiva entre as duas tarefas que competem os recursos de processamento dentro do cérebro (AL-YAHYA *et al.*, 2011).

O paradigma que daremos enfoque nesse projeto é relacionado à influência de tarefas cognitivas sobre a tarefa de controle postural e sobre a tarefa de marcha com obstáculo. Quando os indivíduos necessitam controlar a sua postura ou caminhar durante a execução de outra tarefa mental, eles necessitam inevitavelmente administrar o foco atencional para a postura e para a outra tarefa simultaneamente (WOOLLACOTT; SHUMWAY-COOK, 2002), o que pode exercer alguma influência sobre o desempenho das tarefas.

2.3.1 Dupla tarefa – Controle postural x tarefa cognitiva

Apesar de há alguns anos ser consenso que a tarefa de controle postural exige apenas um pouco de atenção (NASHNER, 1977; NASHNER; CORDO, 1981), posteriormente foi mostrado que tarefas cognitivas realizadas simultaneamente aos testes de equilíbrio dificultam a tarefa de manutenção do controle postural (BROWN; SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 1999; SHUMWAY-COOK *et al.*, 1997).

Dault *et al.* (2001) estudaram a influência de tarefas cognitivas de diferentes intensidades no controle postural, em diferentes condições de base de suporte, pés

na largura dos ombros, pés na largura dos ombros sobre uma gangorra e posição *tandem* sobre a gangorra. Foi utilizado o teste de Stroop que usa três cartões diferentes projetados: cartão de palavra, com o nome de uma cor; cartão de cor, com caixas retangulares de uma cor; e cartão de palavra-cor, blocos com o nome da cor escrito numa cor diferente da cor. O avaliado então deve falar o nome escrito no cartão de palavra, o nome da cor do bloco no cartão de cor e o nome da cor da palavra (e não ler a cor) no cartão de palavra-cor. Estes blocos eram dispostos numa matriz de 5 x 5 e o avaliado deveria falar as palavras da esquerda para a direita e de cima para baixo e seriam corrigidos imediatamente caso errassem. Os autores encontraram diferenças no controle postural com a execução de teste de Stroop simultaneamente. Com a posição dos pés na largura do quadril o controle postural piorou 28,15% na frequência média ântero-posterior somente. Na posição de largura do quadril sobre a gangorra a piora foi de 31,7% na frequência média ântero-posterior e houve uma melhora de 29,57% na amplitude RMS ântero-posterior. Por fim, na posição *tandem* sobre a gangorra houve piora na frequência média ântero-posterior (18,14%) e médio-lateral (19,42%) e piora na velocidade RMS lateral (25,35%). Os autores concluíram que o controle postural é pouco influenciado pela tarefa cognitiva durante posições relativamente simples, uma vez que requer pouca atenção por ser uma posição comum, enquanto que para as posições menos comuns a tarefa cognitiva influenciou de forma mais significativa, diminuindo a estabilidade postural.

Olivier *et al.* (2010) avaliaram o paradigma da dupla tarefa em crianças de 7 a 11 anos e em adultos. Foram usados testes de Stroop modificados, onde em vez de palavras com a escrita do nome da cor foram usadas frutas com a cor congruente ou com a cor incongruente e tarefa postural foi permanecer em equilíbrio na posição *tandem*, com ou sem vibração de tornozelo. Os autores encontraram um comportamento piorado em crianças de 7 anos de idade quando comparadas as demais (de 8 a 11 anos) e estas um desempenho piorado em relação aos adultos. Porém somente as crianças de 7 anos de idade tiveram um desempenho piorado no controle postural quando a tarefa cognitiva foi dificultada com a cor incongruente. Os autores concluem confirmando a existência de interferências de tarefas cognitivas dependentes da idade, sendo que aos 7 anos de idade essa interferência é maior

que até os 11 anos de idade o padrão encontrado não é semelhante ainda ao encontrado em adultos.

No estudo de Palluel, Nougier e Olivier (2010) os autores procuraram determinar o custo atencional para o controle postural quando realizando tarefas cognitivas simultâneas em adolescentes de 12 a 17 anos comparando com adultos jovens. As tarefas cognitivas consistiram de teste de Stroop e contagem regressiva em etapas de três. Os resultados mostraram que o teste cognitivo de contagem regressiva aplicou uma demanda atencional suficientemente grande a ponto de prejudicar a tarefa postural e aumentou significativamente a oscilação dos indivíduos, tanto adolescentes quanto adultos, sendo que o desempenho na tarefa cognitiva de contagem regressiva foi estatisticamente inferior ao desempenho no teste de Stroop. Os autores atribuem os resultados à capacidade de processamento de informações limitada quando a demanda cognitiva aumenta.

Jamet *et al.* (2004) avaliaram a influência de atividades cognitivas no controle postural de 40 idosos. Foi avaliado o controle postural simultaneamente a dois tipos de atividades cognitivas, o teste de Stroop (visuo-verbal) e a contagem regressiva em etapas de sete (mental). Os resultados mostraram que o controle postural foi prejudicado com a tarefa de contagem regressiva em etapas de sete (diminuição de 65% no desempenho), mas não foi modificado durante o teste de *Stroop*. A tarefa visuo-verbal parece auxiliar o controle postural, pois necessita de um foco na informação externa e o sistema de controle postural utiliza essa informação. Já na tarefa mental, o indivíduo desconsidera a informação do ambiente, o que priva o indivíduo de usar a informação visual para o controle postural prejudicando seu desempenho. Os autores concluíram que a demanda cognitiva necessária para o desempenho da tarefa concorre com a necessária para o desempenho na tarefa de manter-se em equilíbrio, podendo afetar diretamente esta tarefa. Também afirmam que o estudo valida parcialmente a hipótese de que o processo cognitivo tem um importante papel no controle postural.

Marsh e Geel (2000) avaliaram os efeitos de uma tarefa cognitiva relacionada ao tempo de reação no controle postural de mulheres adultas e idosas. O teste cognitivo consistia em uma resposta verbal tão logo que possível após uma lâmpada em frente ao indivíduo se ascender. Nenhum efeito negativo no controle postural foi

encontrado em nenhuma das tarefas testadas quando elas foram realizadas simultaneamente com a tarefa cognitiva tanto para mulheres idosas quanto para adultas, sugerindo que não houve transferência de atenção da tarefa primária (equilíbrio) para a tarefa secundária (tempo de reação). Porém, as idosas tiveram o desempenho piorado ($p < 0,001$) na tarefa secundária (tempo de reação) quando esta foi realizada concomitantemente a tarefa de equilíbrio quando comparada a mulheres adultas. Apesar dos achados no controle postural, os autores concluem que em tarefas onde a demanda cognitiva é concorrente, ou seja, em dupla tarefa, o risco de quedas em idosas pode ser maior que para mulheres adultas.

Jamet *et al.* (2007) avaliaram os efeitos de tarefas cognitivas no controle postural de adultos jovens, adultos de meia idade e idosos. Para tal, usaram três tipos diferentes de testes cognitivos: um essencialmente mental, contagem regressiva em etapas de sete; um visuo-verbal, teste de Stroop com cor incongruente; e um áudio-verbal, que consistiu em ouvir o nome de um lado (direito ou esquerdo) a partir de uma caixa de som localizada ou no lado esquerdo ou no lado direito do indivíduo, quando ele deveria comparar a palavra dita com o lado em que a palavra foi dita e, assim, dar a resposta de “certo” ou “errado”. Foram observadas pioras no desempenho do controle postural para a tarefa essencialmente mental para o grupo de idosos (25% para área de oscilação do COP e 20% para oscilação ântero-posterior) e melhora no desempenho do controle postural para jovens e adultos de meia-idade quando executaram as tarefas visuo-verbal e áudio-verbal. Os resultados desse estudo sugerem que a interferência da atividade cognitiva simultânea na tarefa de controle postural é dependente da idade e da natureza da tarefa. A tarefa essencialmente mental parece interferir negativamente nos idosos, uma vez que o foco atencional da tarefa é mental, o que parece prejudicar o uso da informação visual para o controle do equilíbrio. As demais tarefas cognitivas envolvem um foco atencional externo que pode auxiliar no processo de controle postural em indivíduos jovens, mas não é suficiente para auxiliar essa tarefa em idosos. Essas diferenças encontradas entre indivíduos de diferentes idades em situações de dupla tarefa corroboram com a hipótese de um gradual aumento do uso de recursos cognitivos, particularmente atencionais, no processo de controle postural com o avançar da idade.

Pellecchia (2003) avaliaram a influência de três tipos de testes cognitivos sobre a tarefa de controle postural em adultos jovens. As tarefas foram: inversão de um número de dois dígitos, que consiste de inverter os dígitos de um número apresentado e falar o número originado; tarefa de classificação do número, que consiste em combinar dois dígitos apresentados, formar um número e classificá-lo em maior ou menor que 50 e se é par ou ímpar; e contagem regressiva em etapas de três, que consiste em contar pra trás pulando de três em três a partir de um número de três dígitos apresentados. Os testes de tarefa posturais de 30s cada foram realizados sobre uma almofada com o intuito de dificultar a tarefa de equilíbrio. Os resultados mostraram essencialmente diferenças significativas nas variáveis de equilíbrio quando a tarefa foi realizada em conjunto com a atividade de contagem regressiva em etapas de três ($p < 0,001$). Além disso, a taxa de erro nas respostas foi maior para a atividade de contagem regressiva quando comparado aos outras duas tarefas cognitivas ($p < 0,05$). Os achados do estudo suportam a ideia de que desempenho motor e cognitivo estão relacionados. A tarefa de integração das informações é mais desafiadora à medida que a demanda atencional dos componentes das tarefas aumentam.

Huxhold *et al.* (2006) formulou a teoria não-linear em U a partir dos dados do seu estudo. Eles compararam 19 idosos com média de idade de 69 anos e 20 adultos jovens com média de idade de 24 anos, em situação de dupla tarefa, controle postural x quatro diferentes tarefas cognitivas de igual configuração (respostas por meio de apertar um botão que era segurado um em cada mão do indivíduo para emitir a resposta), mas de diferentes dificuldades. Com os resultados encontrados, percebeu-se que os indivíduos idosos e os indivíduos jovens pioram o equilíbrio se a tarefa cognitiva for muito difícil e melhoram o equilíbrio se a tarefa cognitiva for muito fácil de ser realizada. Tais achados revelam que possa existir uma facilitação na tarefa motora ou um déficit na tarefa motora, dependendo da dificuldade da tarefa.

Já Lacour, Bernard-Demanze e Dumitrescu (2008) propõe uma outra teoria. A ideia dos autores é que o desempenho das tarefas motoras e cognitivas, em dupla-tarefa, vai depender da tarefa e que idosos priorizarão a tarefa postural. Postulam então o modelo de priorização da tarefa, a qual postula que os sujeitos priorizam a

tarefa de controle postural sobre a atividade cognitiva sob específicas condições, como em condições posturais desafiadoras. Segundo os autores, os indivíduos idosos priorizam a tarefa de equilíbrio mais que os adultos jovens, principalmente em situações mais desafiadoras de equilíbrio, como por exemplo, tarefas dinâmicas que expõe o indivíduo idoso ao risco de quedas. Isso ainda é relacionado à idade do idoso, sendo que no idoso mais velho esse caráter é mais proeminente. Os autores ainda colocam que essa estratégia é uma realocação compensatória da atenção, que está muito mais relacionado a um mecanismo de plasticidade cerebral do que propriamente um declínio nas capacidades cognitivas.

Corroborando com este modelo, Simoneau *et al.* (2008) estudaram tarefas de memória semelhantes à do estudo anterior, porém em idosos e adultos jovens. Os achados interessantes foram que para os dois grupos a tarefa secundária melhorou a tarefa primária. Foi percebido também que o desempenho nos testes diferenciou entre os grupos de uma forma interessante. Enquanto que para os adultos jovens a tarefa de controle postural foi deixada em segundo plano para a tarefa cognitiva, diminuindo o desempenho no controle postural, os idosos deram mais importância para o desempenho no controle postural, relegando a segundo plano a tarefa cognitiva, segundo os autores, menos importante para sua sobrevivência.

Yeh *et al.* (2015) procuraram investigar relações da visão, postura e tarefas secundárias, pois tais relações são bem comuns nas atividades da vida diária. Verificaram isto em 12 idosos e em 12 adultos jovens, com média de idade de 72 anos e 22 anos, respectivamente. Os indivíduos realizaram uma tarefa de manutenção de equilíbrio com feedback visual sobre a plataforma de força em diferentes orientações corporais, onde foi solicitado manter o seu centro de pressão próximo à um alvo definido em uma projeção à sua frente que era calculado a partir da média de deslocamento do COP nos primeiros 5s de avaliação. A tarefa cognitiva usada foi a uma tarefa aritmética mental, onde a partir de um número projetado no início da avaliação (30s) era solicitado fazer as operações de soma ou subtração projetadas a cada 5s, sendo a resposta final somente dada ao final da tentativa. Não foram encontradas diferenças na tarefa cognitiva entre adultos e idosos, mas os idosos apresentaram uma variabilidade de descolamento do COP maior que adultos jovens, sendo que a tarefa cognitiva tendeu a diminuir a variabilidade de

deslocamento do COP. Os autores concluem que a variabilidade médio-lateral pode ser uma medida mais sensível a variações decorrentes da idade que medidas no descolamento ântero-posterior

Um interessante estudo relacionado ao paradigma da dupla tarefa foi realizado por Liston *et al.* (2014). Os autores utilizaram uma tarefa espacial bimodal (auditivo e visual) que impõe mais complexidade ao paradigma da dupla tarefa, comparando o desempenho de adultos jovens e idosos. A tarefa visual consistiu de visualizar uma cor em um monitor a frente e se deslocar para a respectiva cor em um tapete ao seu redor no solo, enquanto a tarefa auditiva constituiu de um teste de *Stroop* onde era falado para o indivíduo as palavras “direita” ou “esquerda” em apenas um dos lados de um fone de ouvido usado pelo avaliado. Se a palavra falada correspondesse ao lado do fone em que a palavra foi dita, então o indivíduo apertava um botão em um controle que ele segurava correspondente a uma resposta “congruente”; caso contrário o avaliado deveria apertar outro botão correspondente a uma resposta incongruente. Os resultados mostraram um maior tempo de resposta na tarefa visual (2,48s para idosos e 1,56s para adultos) quando comparada à tarefa auditiva (2,03s para idosos e 1,22s para adultos), havendo uma piora significativa no tempo de resposta em ambas as tarefas quando realizadas simultaneamente (idosos: 33% na auditiva e 96% na visual; adultos: 58% na auditiva e 18% na visual). Em geral, os idosos apresentaram tempos de resposta maiores que adultos jovens. Além disso, foi encontrada uma variabilidade grande de estratégias entre os indivíduos idosos na priorização da tarefa. Alguns indivíduos idosos preferiram priorizaram as respostas temporais das tarefas cognitivas que o desempenho nas tarefas posturais (motoras), enquanto que os jovens quase sempre priorizaram a tarefa motora.

Em contrapartida, parece que a influência sobre o controle postural depende do tipo de tarefa cognitiva. Tarefas que utilizam a memória têm sido realizadas e os resultados são controversos. Riley, Baker e Schmit (2003) avaliaram os efeitos sobre o controle postural de demandas simultâneas de memória de curto prazo. Trata-se de testes em que o avaliado deveria memorizar um conjunto de algarismos sequenciais de diferentes comprimentos, sendo comparados os testes de controle postural sem a tarefa, com uma tarefa de memória fácil (comprimento numérico

sequencial pequeno), com uma tarefa de memória média (comprimento médio) e com uma tarefa de memória difícil (comprimento longo). Foi encontrado que o desvio-padrão dos primeiros dois testes foi maior que o desvio-padrão dos dois últimos testes, indicando maior estabilidade nas situações em que a memória foi mais requerida (teste mais difícil).

2.3.2 Dupla tarefa – Tarefas dinâmicas x tarefa cognitiva

Com relação às tarefas dinâmicas, uma série de estudos vem sendo desenvolvidos avaliando o desempenho nessas tarefas, principalmente estudos com a marcha. Um dos mais recentes realizados nesse aspecto é a tarefa de marcha com transposição de obstáculo, realizado por Guadagnin *et al.* (2015). Esse estudo investigou as diferenças na tarefa de transposição de obstáculo em idosos sedentários e idosos ativos. Nesse tipo de tarefa, a aproximação do pé ao obstáculo reflete uma chance maior de o indivíduo cair, uma vez que a chance do pé bater no obstáculo e o indivíduo tropeçar é maior. Foi encontrado, de uma forma geral, que os indivíduos ativos ultrapassaram o obstáculo com maiores distâncias do pé ao obstáculo que os sedentários. Além disso, na tarefa cognitiva usada, teste de Stroop modificado, o grupo de idosos sedentários ultrapassou com maiores distâncias o obstáculo em relação ao pé, e com menor velocidade, denotando uma marcha mais cautelosa. Nos resultados para os indivíduos ativos esses resultados foram parcialmente encontrados. Isso demonstra que a execução das tarefas cognitivas pode interferir no modo como os indivíduos executam a tarefa motora, sendo que assumem uma marcha mais cautelosa com o pé mais afastado do obstáculo.

Outro recente estudo é o de Rocha *et al.* (2013) que avaliaram os efeitos de tarefa cognitiva – teste de Stroop modificado – sobre a marcha de transposição de obstáculo em 10 adultos jovens e em 10 idosos. A velocidade da marcha foi menor nos idosos (0,91 m/s) que nos jovens (1,11 m/s), em condições sem tarefa, e também foi menor nos idosos (0,78 m/s) que nos jovens (1,04 m/s), enquanto executava a tarefa cognitiva. O comprimento do último passo antes da transposição foi menor nos idosos e aumenta com a tarefa cognitiva para idosos e para jovens. A distância pós-obstáculo foi menor nos idosos, sendo que a tarefa cognitiva diminui

essa distância nos idosos. A distância horizontal do pé ao obstáculo pré-obstáculo aumentou nos idosos com a tarefa cognitiva. O comprimento da passada foi menor nos idosos que em adultos, independente da condição. A tarefa cognitiva aumentou a distância vertical do pé ao obstáculo do pé de abordagem com a tarefa cognitiva. Os autores concluem que a tarefa gera mais assimetrias em idosos, principalmente durante tarefas cognitivas, sugerindo que idosos usam ajustes compensatórios adicionais depois da transposição do obstáculo.

Porém, esta influência de tarefas cognitivas sobre as tarefas motoras da marcha já é reportada desde os anos 90, quando Ebersbah, Dimitrijevic e Poewe (1995) verificaram que mesmo em indivíduos jovens o tempo de apoio duplo é maior quando se executa tarefa cognitiva (tarefa de memória) e tarefa motora fina simultaneamente à marcha. Um dos estudos mais evidentes e relativamente simples, foi o de Lundin-Olsson, Nyberg e Gustafson (1997). Os autores verificaram num universo de 58 idosos que aqueles que param de andar para conversar foram indivíduos mais acometidos por quedas, durante um período de seis meses. Este achado talvez reflita o quanto uma atividade cognitiva pode alterar de forma significativa o desenvolvimento de atividades motoras, principalmente em idosos caidores.

Holmann *et al.* (2007) compararam 20 idosos, 20 adultos de meia idade e 20 adultos jovens na execução da tarefa da marcha durante tarefa cognitiva. A tarefa cognitiva foi soletrar palavras de cinco letras de trás para frente. Foi identificado que a velocidade da caminhada foi menor ($p < 0,001$) e a variabilidade na velocidade a cada passo foi maior durante a situação de dupla-tarefa ($p = 0,001$). Além disso, os idosos caminharam mais devagar e a variabilidade foi maior que os outros dois grupos e a diferença na velocidade também foi maior para os idosos ($p < 0,05$). A velocidade quando afetada, afetou também o desempenho cognitivo, mas apenas em idosos. Estes achados refletem uma diminuição da estabilidade da marcha, o que indica a demanda cognitiva durante a marcha pode desestabilizar a tarefa da marcha e levar os idosos a ter um maior risco de quedas.

Priest *et al.* (2008) comparam indivíduos 23 idosos com 19 indivíduos adultos na realização de tarefa de marcha com e sem tarefa cognitiva simultânea. A velocidade da caminhada foi auto-selecionada e a tarefa cognitiva foi a contagem

regressiva incremental em etapas de 3, 4 ou 6. Os resultados mostraram que a velocidade da marcha reduziu enquanto os indivíduos adultos (-18%) e idosos (-30%) executaram a tarefa cognitiva. Além disso a velocidade foi menor sempre nos indivíduos idosos nas duas situações. Já a variabilidade em cada passo foi maior para os idosos que os adultos nas duas condições e em comparação na tarefa cognitiva a variabilidade foi maior quando foi realizada a tarefa cognitiva, em ambos os grupos. São dados que revelam uma piora na execução e refletem maior instabilidade na marcha e indicam que o desafio da tarefa cognitiva enquanto se caminha pode predispor principalmente os indivíduos idosos a um risco maior de quedas.

Hallal (2013) estudou e procurou verificar alguns indicadores biomecânicos relacionados ao risco de quedas em marcha com duplas tarefas em idosos caidores e não-caidores. Em resumo, verificou-se que a variabilidade nos dados de tempo de apoio e torque isométrico máximo de flexores de joelho foram capazes de discriminar idosos caidores de não-caidores. A primeira pode ser uma estratégia em idosos caidores para uma marcha mais segura, enquanto que a segunda pode ser um dos fatores que podem determinar a ocorrência de quedas.

Taylor *et al.* (2013) investigaram se duplas tarefas durante a marcha podem ou não prever a ocorrência de queda em 64 indivíduos com algum comprometimento cognitivo. A marcha foi em velocidade auto-selecionada em três condições: marcha sem tarefa, marcha enquanto carrega um copo de água e marcha com tarefa de contagem regressiva a partir de 30. Os indivíduos foram divididos em caidores (35%) e não-caidores. Foi encontrado que indivíduos caidores caminharam mais lentamente, tiveram menos comprimento de passada, ficaram mais tempo em suporte duplo, tiveram uma largura de passo maior e mostraram maior variabilidade no comprimento da passada e no tempo de balanço. Assim, foi concluído que a atividade cognitiva afetou de forma negativa o desempenho na marcha e que os indivíduos caidores foram piores que os não-caidores, mas que a tarefa cognitiva não permitiu determinar um parâmetro adicional para distinguir caidores de não-caidores.

Plummer-D'amato *et al.* (2012) avaliaram o efeito da dificuldade das tarefas cognitivas no desempenho da marcha em velocidade auto selecionada, em

velocidade alta confortável e em velocidade alta ultrapassando obstáculo, em 20 idosos que foram comparados com 15 adultos jovens. Usaram o teste de Stroop auditivo, em que o indivíduo respondia “high” (rápido) ou “low” (lento), indicando corretamente a velocidade em que a palavra lhe era pronunciada, logo depois que ouviam tais palavras pronunciadas de forma lenta ou rápida, e o teste do relógio, em que o indivíduo respondia “yes” (sim) se a horário falado para ele tinha os dois ponteiros para o mesmo lado do relógio ou “no” (não) se o horário falado tinha os ponteiros um em cada lado do relógio. Foi identificado que a velocidade da marcha foi significativamente afetada pelo teste do relógio e também à medida que a dificuldade da tarefa de marcha foi aumentando. Concluiu-se que a tarefa de caminhar rapidamente e ultrapassar o obstáculo enquanto realiza-se tarefas cognitivas oferece uma demanda atencional significativamente grande para os indivíduos idosos a ponto de não ser possível manter a velocidade com que eles executaram a tarefa da marcha.

Sun *et al.* (2010) avaliaram o desempenho de 571 idosos homens e mulheres japoneses em tarefas de marcha clínica e a tarefa de sobreposição de vários obstáculos (colocados separados a dois metros de distância ao longo de um caminho de 10m de distância). Tal tarefa é, segundo os autores, avaliada nos idosos anualmente pelo Ministério da Educação, Cultura, Esporte, Ciência e Tecnologia, por ser um indicador do risco de quedas. Foi encontrado nesse estudo, que o tempo mais lento de execução dessa tarefa é associado a déficits de equilíbrio e outros fatores associados ao risco de quedas, que foram incluídos no modelo de regressão linear utilizado, tanto em homens quanto em mulheres idosas

Hatton *et al.* (2013) avaliaram o efeito da fadiga muscular de membros inferiores na tarefa de transposição de obstáculos em 30 idosos enquanto realizavam tarefa cognitiva simultânea ou não. A tarefa cognitiva foi a de ler em voz alta uma sequência de 10 letras monossilábicas apresentadas em uma projeção à sua frente e a fadiga foi induzida por um protocolo que o indivíduo precisa se sentar e levantar consecutivamente até fadigar. Foi encontrado que a força de reação do solo após a transposição do obstáculo foi maior na situação fadigado quando a altura do obstáculo era de 10% do comprimento do membro inferior. Dados cinemáticos de distância do pé para o obstáculo não foram alterados. Esses resultados denotam

uma pequena diferença na cinética da marcha pode ocorrer em decorrência de uma fadiga dos membros inferiores durante a tarefa de transposição de obstáculos.

Worden e Vallis (2015) estudaram a estabilidade dinâmica da marcha durante a tarefa de transposição de obstáculos, com 14 indivíduos adultos jovens, durante a realização de tarefa de Stroop auditiva ou não. A estabilidade dinâmica da marcha foi avaliada através dos limites da base de suporte em cada passo do indivíduo após a transposição de obstáculos fixos e móveis. O centro de pressão em cada apoio foi avaliado por meio de plataformas de força e a distância do centro de pressão aos limites do apoio (bordas do pé de apoio, quando em apoio simples) foi verificada em cada passo. Quando mais próximo dos limites da base de apoio estiver o centro de pressão mais instável é a marcha, pois mais perto de sair da base de apoio está o centro de pressão, podendo definir então maiores chances de queda. Como resultados, foi encontrado que o obstáculo móvel implica em uma maior instabilidade durante o apoio e que a tarefa de Stroop não foi capaz de aplicar mais dificuldade à tarefa e gerar mais instabilidade na marcha. Os autores sugerem que para este tipo de tarefa os indivíduos usaram a estratégia da priorização da tarefa motora sobre a tarefa cognitiva e que afirmam que os achados servem para elucidar o entendimento de como o sistema nervoso central controla a estabilidade em tarefas dinâmicas.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Será descrito a seguir os procedimentos metodológicos adotados para a realização da pesquisa.

3.1 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria e cumpriu todos os preceitos éticos estabelecidos pela resolução 196/96 do Conselho Nacional da Saúde.

Os riscos decorrentes da participação na pesquisa foram principalmente relacionados à probabilidade de ocorrência de quedas durante as avaliações, visto que algumas das atividades propostas ofereceram alguma dificuldade para manutenção do equilíbrio. Para tanto, os avaliadores eram preparados para isto e, em todos os casos que uma situação de queda era iminente eles ajudaram os avaliados a manter-se em equilíbrio, evitando-a, sendo a tentativa excluída do estudo. Contudo, os benefícios da participação no estudo foram relacionados à contribuição para o entendimento do funcionamento do sistema de controle postural, responsável pela manutenção do equilíbrio, a tentativa de encontrar soluções para problemas de saúde relacionados à ocorrência de quedas que acontece principalmente nos idosos e, por fim, a identificação por meio de métodos bem aceitos sobre a situação do seu equilíbrio e controle postural.

3.2 CÁLCULO AMOSTRAL

O cálculo amostral utilizado para se chegar ao número amostral mínimo é apresentado na equação da Figura 1, no qual foram usando dados médios de média e desvio-padrão de variáveis idênticas às que serão utilizadas nesse estudo a partir de dois estudos da literatura (JAMET *et al.*, 2007; LAUFER, 2008) de semelhante delineamento. Na equação, 'n' é o tamanho da amostra, ' $Z_{\alpha/2}$ ' é um valor crítico tabelado que corresponde ao grau de confiança desejado (95% = 1,96), ' σ ' é o

desvio padrão encontrado nos estudos e “E” é o erro de máximo de estimativa (10%) relacionado à média das variáveis dos estudos usados.

Figura 1 – Equação usada para o cálculo amostral.

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \cdot \sigma}{E} \right)^2$$

3.3 SELEÇÃO DA AMOSTRA

O número calculado foi de 78 indivíduos que foram convidados pelos meios de comunicação disponíveis (e-mail, telefone e internet – a partir de um banco de dados pré-existente dos demais estudos realizados no mesmo laboratório), além de convites feitos de forma presencial nos grupos de idosos existentes na cidade de Santa Maria e selecionados caracterizando uma amostra por conveniência. Assim, os indivíduos foram divididos em três grupos, com 26 indivíduos cada: grupo de jovens (J), grupo de idosas caidoras (IC) e grupo de idosas não-caidoras (INC). As voluntárias que aceitaram participar do estudo, tiveram um dia e um horário marcado para realização da triagem e das coletas, no Laboratório de Biomecânica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Ao chegar no laboratório receberam uma breve descrição sobre os procedimentos do estudo e ao concordar com sua participação assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE 1), autorizando sua participação na pesquisa. Logo após preencheram uma anamnese (APÊNDICE 2) para a triagem inicial e confirmação da participação no estudo mediante os critérios de inclusão e exclusão.

Os critérios de inclusão foram: ter entre 18 e 30 anos, para o grupo de adultas jovens; ter mais de 60 anos, para os grupos de idosas; ter relatado alguma queda nos dois últimos anos, para grupo de idosas caidoras; relatar nunca ter tido quedas,

para o grupo de idosas não-caidoras. Já os critérios de exclusão são: possuir problemas osteomioarticulares que afetem as tarefas de equilíbrio e deambulação, possuir dor lombar crônica, relatar ter tontura ou problemas de origem vestibular, estar engajado ou ter participado nos últimos três meses de algum treinamento físico periodizado, ter algum tipo de deficiência física ou mental, ser analfabeta, não saber realizar operações matemáticas simples (adição e subtração), possuir déficit cognitivo – avaliado por meio do Mini Exame de Estado Mental - MEEM - (FOLSTEIN; FOLSTEIN; McHUGH, 1975) (ANEXO 1), se obtiver escore menor que 24 nesse exame, e ser daltônica. Após findadas as coletas, dados de alguns indivíduos foram excluídos em virtude da perda de dados importantes durante o processamento dos dados de cinemetria. Ao final, o grupo de GJ ficou com 25 indivíduos, o GIC com 20 indivíduos e o GINC com 21 indivíduos. A Tabela 1 apresenta as médias e os desvios-padrão de idade, massa corporal e estatura.

Tabela 1 – Médias e desvios-padrão para as variáveis de caracterização da amostra

Grupo	N	Idade (anos)		Massa corporal (kg)		Estatura (cm)	
		Média	DP	Média	DP	Média	DP
Jovens adultas	25	24,1	3,1	61,7	12,2	163,2	4,8
Idosas não-caidoras	21	67,6	5,1	65,6	10,5	156,3	4,1
Idosas caidoras	20	65,5	4,7	73,8	14,1	159,2	7,8

3.4 INSTRUMENTOS PARA A COLETA DE DADOS

Para mensurar a estatura e a massa corporal dos sujeitos foi utilizada um estadiômetro, com resolução de 0,5 cm, acoplado a uma balança digital, com resolução de 0,1 kg, da marca *Welmy*. A incidência de quedas, os demais critérios de inclusão e exclusão, analfabetismo e saber ou não fazer contas simples foram avaliados por meio de uma anamnese com perguntas simples e de fácil entendimento.

Para verificar o estado mental foi realizado o Mini Exame do Estado Mental (FOLSTEIN; FOLSTEIN; McHUGH, 1975). Este exame consiste de uma série de questões que devem ser perguntadas pelo avaliador que deve registrar o escore de cada uma das respostas, de acordo com o índice de acerto nas respostas às questões. Tais questões são de fácil entendimento e fornecem informações sobre diferentes parâmetros cognitivos, contendo questões agrupadas em sete categorias, cada uma delas planejada com o objetivo de avaliar "funções" cognitivas específicas como a orientação temporal (5 pontos), orientação espacial (5 pontos), registro de três palavras (3 pontos), atenção e cálculo (5 pontos), recordação das três palavras (3 pontos), linguagem (8 pontos) e capacidade construtiva visual (1 ponto). O escore do MEEM pode variar de um mínimo de 0 pontos, o qual indica o maior grau de comprometimento cognitivo dos indivíduos, até um total máximo de 30 pontos, o qual, por sua vez, corresponde a melhor capacidade cognitiva.

3.4.1 Controle Postural

Para a aquisição dos dados referentes ao deslocamento do centro de força (COP) foi utilizada uma plataforma de força *AMTI* modelo OR6-6 2000 (*Advanced Mechanical Technologies, Inc. Watertown, MA, EUA*), com a frequência de aquisição de 100 Hz. A plataforma de força coletou as forças vertical e horizontais aplicadas sobre ela, bem como os momentos em torno dos seus três eixos. Tais dados brutos foram filtrados com filtro passa-baixas *Butterworth* de 4ª ordem, com frequência de corte de 10 Hz. Após isso, foram calculadas as duas coordenadas do centro de força em cada instante, uma na direção ântero-posterior (x) e outra na direção medio-lateral (y). O centro de força em cada instante definiu uma trajetória de deslocamento do mesmo a partir da qual foram retiradas as variáveis de equilíbrio utilizadas no estudo.

3.4.2 Tarefa de marcha com transposição de obstáculo

A tarefa motora dinâmica – marcha com transposição de obstáculo – foi avaliada por meio de cinemetria, a partir do sistema *Vicon 624* (Oxford, Reino Unido)

o qual era constituído de sete câmeras de infravermelho que identificaram pontos anatômicos de referência e pontos específicos do obstáculo. Os pontos anatômicos escolhidos foram: calcâneo do pé direito, hálux do pé direito, calcâneo do pé esquerdo e hálux do pé esquerdo; já os pontos do obstáculo foram os quatro cantos superiores do obstáculo, que tinha 20 cm de comprimento e 80 cm de largura. A altura do obstáculo era variável de acordo com o comprimento do membro inferior do avaliado, fixado sempre em 20% desse comprimento. As coordenadas desses pontos foram coletadas e gravadas pelas câmeras na frequência de 200 Hz, durante cada tentativa que durou cinco segundos, que englobava o período entre um passo antes e um passo depois da transposição do obstáculo. Os dados foram filtrados com um filtro *Butterworth* de 4ª ordem, na frequência de corte de 8 Hz, antes dos cálculos das variáveis necessárias para o estudo.

3.4.3 Tarefa cognitiva

Para esta pesquisa, duas tarefas cognitivas foram selecionadas:

a) Teste de Stroop:

O teste de Stroop (STROOP, 1935) é um conjunto de testes desenvolvidos para avaliar a capacidade de atenção e velocidade de processamento cognitivo. O teste de Stroop possui basicamente três etapas diferentes:

- Etapa 1: Nome de uma cor, onde o indivíduo deve falar o nome de uma palavra (nome de cor) apresentada para ele. Requer pouquíssima demanda atencional;

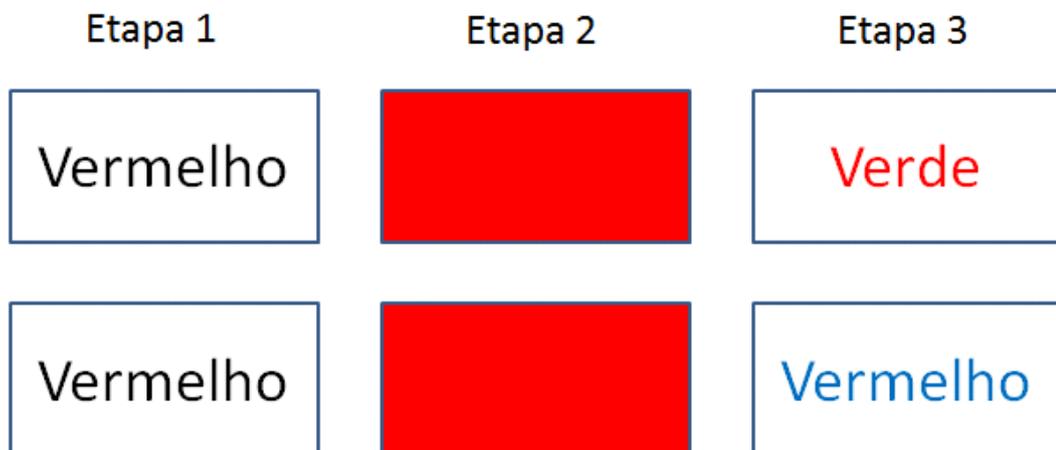
- Etapa 2: Nome da cor de um retângulo (cor congruente), onde o indivíduo deve falar o nome da cor em que retângulos que lhe são apresentados estão pintados. Requer pouquíssima demanda atencional;

- Etapa 3: Nome da cor em que uma palavra (nome de cor) está escrita (cor incongruente), onde o avaliado deve falar o nome da cor em que a palavra da cor apresenta está escrita, em vez de falar o nome da palavra em si. Requer grande demanda atencional uma vez que a resposta automática é falar a palavra escrita e não a cor com que a palavra está escrita.

A Figura 2 exemplifica as etapas. As respostas da primeira linha seriam, respectivamente, 'vermelho', 'vermelho' e 'vermelho', enquanto que na segunda linha, as respostas corretas seriam 'vermelho', 'vermelho e 'azul'.

Neste estudo, foi usado somente a terceira etapa, por proporcionar uma maior demanda cognitiva que as demais.

Figura 2 – Exemplo das três etapas do teste de *Stroop*



b) Teste de contagem regressiva em etapas de três: o teste consiste em contagem regressiva a partir de um dado número de três dígitos randomicamente escolhido, descontando sempre três de forma regressiva (PELLECCHIA, 2003; PALLUEL; NOUGIER; OLIVIER, 2010).

Exemplo: Se foi apresentado o número 175, o avaliado devia contar da seguinte forma: 175, 172, 169, 166, 163, 160 e assim sucessivamente.

3.5 VARIÁVEIS

A seguir serão descritas todas as variáveis do estudo, com a definição conceitual e definição operacional das variáveis dependentes e das variáveis independentes utilizadas no estudo.

As variáveis dependentes são descritas no primeiro momento, enquanto as variáveis independentes são descritas posteriormente.

3.5.1 Variáveis dependentes

3.5.1.1 Controle Postural

- Amplitude de deslocamento ântero-posterior do COP (COPap)

Definição conceitual: valor obtido da subtração do valor da posição do COP mais anterior pelo valor de posição do COP mais posterior obtido durante a tentativa.

Unidade de medida: cm.

Definição operacional: representa uma medida de amplitude de deslocamento do COP na direção ântero-posterior e quanto maior for esse valor menor é o controle postural do indivíduo nessa direção.

- Amplitude de deslocamento médio-lateral do COP (COPml)

Definição conceitual: valor obtido da subtração do valor da posição do COP mais localizado à direita pelo valor de posição do COP mais localizado à esquerda obtido durante a tentativa. Unidade de medida: cm.

Definição operacional: representa uma medida de amplitude de deslocamento do COP na direção médio-lateral e quanto maior for o valor menor é o controle postural do indivíduo nessa direção.

- Velocidade média de deslocamento do COP (COPvel)

Definição conceitual: valor obtido da divisão do valor do comprimento total da trajetória do COP (soma de todos os deslocamentos do COP, ou seja, diferença de posição entre dois instantes subsequentes) pelo tempo total de coleta. Unidade: cm/s.

Definição operacional: representa a velocidade média em que o COP oscilou durante a tentativa e quanto maior for o valor menor é o controle postural do indivíduo.

- Área da elipse de 95% de confiança (Elipse)

Definição conceitual: uma elipse que com 95% de probabilidade contém o centro dos pontos da oscilação do COP. É a região que cobre o centro da amostra de dados

coletados de COP com 95% de probabilidade (ROCCHI *et al.*, 2005). Unidade de medida: cm².

Definição operacional: representa uma área que cobre a trajetória global do COP e que quanto maior for essa área menor é o controle postural do indivíduo.

- *Root Mean Square* (RMS) ântero-posterior (RMS_ap)

Definição conceitual: É a raiz quadrada do somatório do quadrado das posições do COP dividido pelo número de valores de posição (ântero-posterior) coletados na tentativa (Figura 3). Unidade de medida: cm.

Figura 3 - Cálculo do RMS.

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\text{Sample}_i)^2}{N}}$$

Legenda: Σ = somatório; sample = posições do COP; N = número de informações coletadas.

Definição operacional: é uma medida de distância que representa a amplitude média que o COP oscilou durante toda a tentativa na direção ântero-posterior.

- RMS médio-lateral (RMS_ml).

Definição conceitual: É a raiz quadrada do somatório do quadrado das posições do COP dividido pelo número de valores de posição (médio-lateral) coletados na tentativa. Unidade de medida: cm.

Definição operacional: é uma medida de distância que representa a amplitude média que o COP oscilou durante toda a tentativa na direção médio-lateral.

3.5.1.2 Tarefa de transposição de obstáculo

- Cadência:

Definição conceitual: quantidade de passos por segundo.

Definição operacional: número de passos realizados por segundo do início até o fim da região de alcance do sistema de cinemetria. Normalmente, eram usados um passo antes e um passo depois da transposição do obstáculo.

- Velocidade média da marcha:

Definição conceitual: velocidade média com que o indivíduo caminhou ao longo da tentativa.

Definição operacional: distância dividida pelo tempo gasto na execução da tarefa desde o início até o fim da região de alcance do sistema de cinemetria. Normalmente, eram usados um passo antes e um passo depois da transposição do obstáculo.

- Distância vertical hálux-obstáculo (DV_HO):

Definição conceitual: distância vertical entre hálux e o obstáculo no momento que o pé inicia a transposição do obstáculo (Figura 4f e 4g), conforme Guadagnin *et al.* (2015).

Definição operacional: distância vertical entre o marcador do hálux e os primeiros marcadores do obstáculo (na direção da progressão), que foi medida no instante em que cada pé estivesse posicionado o mais próximo possível horizontalmente dos primeiros marcadores do obstáculo. Para o pé de abordagem (o primeiro a transpor o obstáculo) a variável foi chamada de DV_HO_P1 (Figura 4g) e para o pé de apoio (o segundo a transpor o obstáculo), a variável foi chamada de DV_HO_P2 (Figura 4f).

- Distância vertical calcanhar-obstáculo (DV_CO):

Definição conceitual: distância vertical entre calcanhar e o obstáculo no momento que o pé termina a transposição do obstáculo (Figura 4h).

Definição operacional: distância vertical entre o marcador do calcanhar e os últimos marcadores do obstáculo (na direção da progressão), que foi medida no instante em que cada pé estivesse posicionado o mais próximo possível horizontalmente dos últimos marcadores do obstáculo. Essa medida foi feita apenas para o pé de abordagem, definida como DV_CO_P1

- Distância horizontal pé-obstáculo (DH_PO)

Definição conceitual: distância horizontal entre o hálux e o primeiro marcador do obstáculo no apoio antes da transposição (Figura 4d).

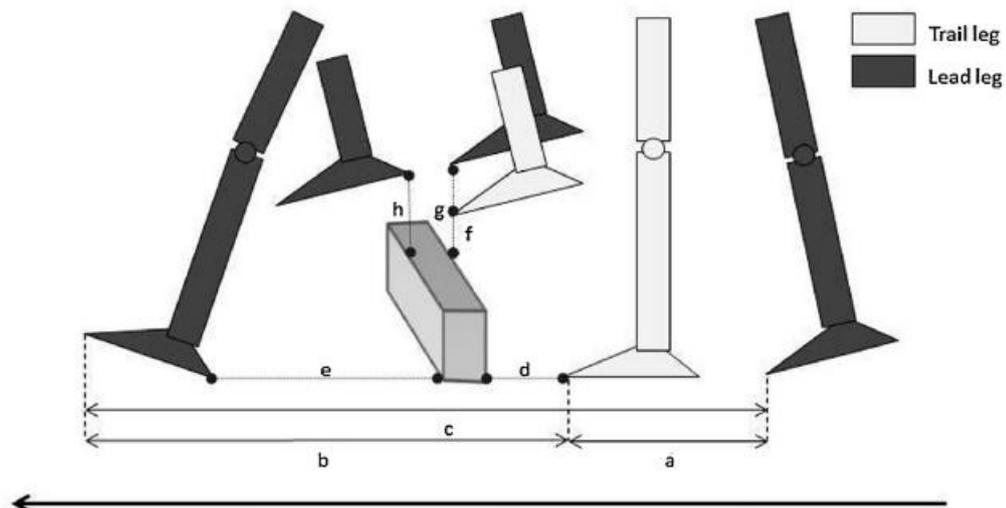
Definição operacional: distância horizontal entre o marcador do hálux e o primeiro marcador do obstáculo, feita para o membro de apoio, quando o mesmo estava no solo, antes de transpor o obstáculo. Foi denominada de DH_P2O

- Distância horizontal obstáculo-pé (DH_OP):

Definição conceitual: distância horizontal entre o último marcador do obstáculo e o marcado do calcanhar do pé de abordagem no apoio após a transposição (Figura 4e)

Definição operacional: distância horizontal entre o marcador do calcanhar do pé de abordagem e o segundo marcador do obstáculo, feita quando o pé estava no solo, após a transposição. Foi denominada de DH_OP1

Figura 4 – Variáveis cinemáticas do estudo na marcha com transposição de obstáculo



Fonte: GUADAGNIN *et al.*, 2015.

Legenda: Trail leg: membro de apoio; lead leg: membro de abordagem

3.5.1.3 Tarefa cognitiva

- Índice cognitivo de velocidade (ICV)

Definição conceitual: é o número total de respostas dadas durante a tentativa.

Definição operacional: representa o quão rápido o indivíduo é em processar a informação recebida e dar a resposta.

- Índice cognitivo de eficácia (ICE)

Definição conceitual: é a razão do número de respostas corretas pelo número de respostas dadas pelo indivíduo durante o teste.

Definição operacional: representa o quão eficaz são as respostas dos indivíduos durante o teste.

3.5.2 Variáveis independentes

- Teste de Stroop

Definição conceitual: teste em que ao avaliado são apresentadas palavras escritas (nome de cores) com cores incongruentes e são solicitadas respostas adequadas (nome da cor em que a cor escrita é apresentada).

Definição operacional: teste que requer do avaliado relativa demanda atencional para o fornecimento de respostas adequadas.

- Teste de contagem regressiva em etapas de três

Definição conceitual: teste em que ao avaliado é apresentado um número de três dígitos e é solicitado que o indivíduo conte de forma regressiva de três em três a partir desse número.

Definição operacional: teste que requer do avaliado relativa demanda atencional para o fornecimento de respostas adequadas.

- Tipo de superfície

Definição conceitual: pode ser estável (metal pouco maleável) ou instável (almofada bastante maleável).

Definição operacional: oferece ao indivíduo avaliado diferentes condições de apoio, favorecendo ou desfavorecendo informações relevantes para o controle postural.

- Faixa etária

Definição conceitual: estar compreendido entre uma faixa de duas idades.

Definição operacional: classifica o indivíduo em adultas ou idosas.

- Caidor ou não-caidor

Definição conceitual: ser acometido por quedas nos dois últimos anos ou nunca ter tido quedas.

Definição operacional: classifica o indivíduo em caidor ou não-caidor.

3.6 PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS

As coletas foram realizadas no Laboratório de Biomecânica da UFSM. Os indivíduos foram recepcionados pelo autor do trabalho e após responderem aos questionários iniciais já mencionados passaram por um período de explicação dos testes. Logo depois, foram encaminhados a uma sala, onde foram realizados todos os testes imediatamente após um período de adaptação e ambientação aos mesmos.

Inicialmente, os indivíduos realizaram os testes cognitivos isoladamente, na ausência de qualquer tarefa motora e para tal permaneceram sentados de frente para uma parede onde eram projetadas as informações. No teste de Stroop, os indivíduos sentados responderam à cor da palavra escrita tão rápido quanto possível (conforme a etapa 3 do teste – cor incongruente), durante 30 s. Estando a resposta correta ou não era apresentada imediatamente um nome de uma nova cor. O número total de respostas e número de respostas corretas durante os 30 s foram contabilizados para definir o ICV e o ICE para o teste de Stroop. Estes procedimentos são os mesmos que foram utilizados no estudo de Palluel, Nougier e Olivier (2010).

Para o teste de contagem regressiva em etapas de três, os indivíduos foram orientados a contar para trás o mais rápido possível a partir de um número randomicamente apresentado, diminuindo sempre três do novo número apresentado. Nesse teste, era apresentado apenas o primeiro número e logo após um ponto branco com fundo preto, sendo solicitado aos indivíduos manter o olhar

fixo nesse ponto durante o teste. Caso uma resposta fosse dada errada, a posterior era considerada correta se a partir do número errado a diminuição fosse feita de forma correta, ou seja, erros acumulados não foram considerados como erros. Tais procedimentos são semelhantes aos aplicados no estudo de Palluel, Nougier e Olivier (2010). ICV e ICE também foram contabilizados durante este teste.

Durante a avaliação na plataforma de força, os indivíduos foram instruídos a se posicionar em cima de uma plataforma de força, com os pés distanciados na largura do quadril, descalços e com a cabeça direcionada com o olhar à frente. Eles foram orientados a permanecerem o mais estático possível durante as avaliações e o posicionamento dos pés antes da primeira tentativa foi desenhado em um papel, que era fixo na plataforma por meio de fita para que as posteriores avaliações fossem realizadas com a mesma base de suporte. A superfície pode ser firme (diretamente sobre a plataforma) ou instável (com uma almofada de média densidade entre os pés e a plataforma), objetivando dificultar as entradas aferentes somatossensoriais de contato com o solo e oferecendo uma tarefa postural mais desafiadora. Os indivíduos realizaram as coletas em diferentes condições sendo realizadas duas tentativas em cada uma com a duração de 30 s cada, totalizando 12 avaliações de controle postural. Essas condições foram:

- a) Superfície firme, sem tarefa cognitiva;
- b) Superfície instável, sem tarefa cognitiva;
- c) Superfície firme, com teste de Stroop;
- d) Superfície firme, com teste de contagem regressiva;
- e) Superfície instável, teste de Stroop;
- f) Superfície instável, com teste de contagem regressiva.

Durante a condição 'a' e 'b' era solicitado que o foco visual fosse fixado num alvo (um círculo de cor branca, com o fundo preto) projetado a uma distância de aproximadamente 2 metros de distância numa altura aproximadamente igual à altura dos olhos do indivíduo. Durante as tarefas envolvendo teste de Stroop, os blocos de nome de cor diferente da palavra escrita (cor incongruente) foram apresentados um a um numa projeção à sua frente distanciada a 2 metros de distância aproximadamente. Por fim, durante as tarefas envolvendo contagem regressiva, um

número foi apresentado ao indivíduo na projeção à sua frente e tão logo que a tarefa de controle postural fosse iniciada a imagem à sua frente era substituída por um alvo igual aos testes onde não houve tarefa cognitiva. A ordem das avaliações foi definida randomicamente para diminuir efeitos de aprendizagem. Em todas as avaliações de controle postural em que a tarefa cognitiva estava presente, eram contabilizadas as respostas que posteriormente foram usadas para calcular, também, o ICV e ICE.

Para a avaliação de desempenho na tarefa dinâmica, foi escolhida a tarefa dinâmica da caminhada com transposição de obstáculo. Durante as avaliações, foi solicitado ao indivíduo caminhar em linha reta com velocidade auto-selecionada e transpor um obstáculo à sua frente que tinha as dimensões de 20 cm de comprimento, 80cm de largura e altura igual a 20% do comprimento do membro inferior, medido por fita métrica, a partir do trocânter maior do fêmur esquerdo até o chão, com o indivíduo em pé com os pés paralelos e distanciados na largura do quadril. Os indivíduos caminharam em três situações diferentes:

- a) Sem tarefa cognitiva;
- b) Com teste de Stroop modificado;
- c) Com teste de contagem regressiva.

Quando os indivíduos realizavam a tarefa com atividade cognitiva simultânea foi solicitado para que eles não diminuíssem a velocidade da caminhada nem interrompessem a caminhada caso a houvesse dificuldade na próxima resposta. O teste de Stroop foi modificado, uma vez que não era possível projetar à sua frente as informações e em função do movimento de ir e vir poder interferir na distância que o avaliado ficaria da projeção. Assim, foi optado pela realização da tarefa modificada, onde as participantes deveriam responder “sim” quando o avaliador dissesse “verde”, e “não” quando dissesse “vermelho”. Além disso, a participante deveria repetir o nome da cor falada quando o avaliador falasse qualquer outra cor, conforme protocolo utilizado por Rocha *et al.* (2013) e por Guadagnin *et al.* (2015). Os indivíduos respondiam para o avaliador inicialmente parados e distantes do obstáculo e iniciavam a caminhada logo depois da segunda resposta dada ao avaliador. Já na realização da tarefa da contagem regressiva o número era falado

em voz alta pelo avaliador, para que o indivíduo escutasse, sendo solicitado repetir o número também em voz alta antes da tarefa começar, de forma a assegurar que o número havia sido compreendido. A partir desse, o indivíduo começava a contar para trás em etapas de três e a partir da segunda resposta dada ele iniciava a caminhada. Em ambos os testes cognitivos, as informações eram cessadas instantes após finalizada a tarefa de transposição do obstáculo e não foram contabilizadas ICV nem ICE para estes testes, em função da tarefa exigir muito pouco tempo. Sendo assim, as anotações de suas respostas foram feitas somente para assegurar que o avaliado estava realizando a atividade cognitiva durante a tarefa dinâmica. Uma vez identificado que o avaliado não estava realizando a tarefa cognitiva, ou estava com muita dificuldade, a tentativa foi considerada não-válida.

Em cada situação eram realizadas tantas tentativas quanto fossem necessárias, para que fossem coletadas duas transposições de obstáculo com cada pé. Para as análises, portanto, foram usadas quatro tentativas para cada situação, não havendo distinção se o pé de abordagem era o dominante ou o não dominante.

3.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Os dados foram submetidos a uma estatística descritiva e análise de normalidade da distribuição dos dados através do teste de *Shapiro-Wilk*. A maioria das variáveis apresentou distribuição normal, sendo selecionados testes paramétricos para as comparações.

O desempenho nos testes cognitivos foi comparado por meio de uma ANOVA de dois fatores 3x3 (grupo x condição de equilíbrio), com *post-hoc* de *Tukey*.

Para comparações dos resultados do controle postural foi usada uma ANOVA de três fatores 3x2x3 (grupo x superfície x tarefa cognitiva). Quando havia interação entre os fatores, as análises eram feitas separadas, usando uma ANOVA One Way (para a mesma superfície entre condições cognitivas) ou testes t (para a mesma condição cognitiva entre os tipos de superfície).

Para comparações dos resultados da tarefa de marcha com obstáculo foi usada uma ANOVA de dois fatores 3x3 (grupo x tarefa cognitiva). Quando houve

interação entre os fatores, foram feitas análises comparativas separadas, usando ANOVA One-way, com *post-hoc* de *Tukey*.

Em todos os testes o nível de significância foi de 5%. O software usado para realização dos testes foi o *IBM SPSS Statistics 21 (International Business Machines, Nova Iorque, EUA)*. Os dados são apresentados em tabelas com as identificações das diferenças.

4 RESULTADOS

4.1 DESEMPENHO NOS TESTES COGNITIVOS

Tabela 2 – Valores de efeito (F) e de probabilidade (p) da ANOVA para todas as variáveis dos testes cognitivos

Variável	Grupo		Condição		Interação Grupo x Condição
	F	p	F	p	
ICV_Stroop	110,54 *	<0,001	0,52	0,594	Ns
ICV_Contagem	48,88 *	<0,001	1,01	0,366	Ns
ICE_Stroop	10,88 *	<0,001	1,60	0,203	Ns
ICE_Contagem	38,20 *	<0,001	0,73	0,485	Ns

* Indica efeito significativo; n.s = não significativo;

ICV: índice cognitivo de velocidade

ICE: índice cognitivo de eficácia

A ANOVA realizada demonstrou que para o desempenho nos testes cognitivos apenas o Grupo teve efeito, não havendo nenhum efeito para a condição de equilíbrio em que a tarefa cognitiva foi utilizada.

Tabela 3 – Médias e desvios-padrão (DP) para índice cognitivo de velocidade (ICV) para teste de Stroop e teste de contagem regressiva

Condição	Grupo	ICV_Stroop (nº respostas)		ICV_Contagem (nº respostas)	
		Média	DP	Média	DP
<i>Sem tarefa de equilíbrio</i>					
	Jovens	27,2	2,6	12,1	3,6
	Idosas não-caidoras ^a	20,8	3,7	8,5	3,5
	Idosas caidoras ^a	20,8	3,3	8,0	1,9
<i>Equilíbrio com superfície estável</i>					
	Jovens ^a	26,8	2,5	12,7	3,9
	Idosas não-caidoras ^a	21,5	3,5	8,0	3,0
	Idosas caidoras ^a	21,4	3,1	8,1	2,1
<i>Equilíbrio com superfície instável</i>					
	Jovens	26,9	2,5	12,9	4,6
	Idosas não-caidoras ^a	21,6	3,4	9,0	3,1
	Idosas caidoras ^a	21,6	3,0	8,6	2,2

a = indica diferença para o grupo de jovens nas duas variáveis

ICV do teste de Stroop e ICV do teste de contagem tiveram grandes diferenças, confirmadas estatisticamente para todas as situações avaliadas, através do teste t para amostras pareadas ($p < 0,001$). Tal fato denota a diferença de dificuldade de realização das tarefas, uma vez que ICV representa a velocidade de raciocínio para dar as respostas. Quando comparados os grupos, os jovens responderam de forma mais rápida em todas as condições que ambos os grupos de idosos, que não diferiram entre si. Estes achados foram tanto para teste de Stroop como para teste de contagem regressiva.

Tabela 4 – Médias e desvios-padrão (DP) para índice cognitivo de eficácia (ICE) para teste de Stroop e teste de contagem regressiva

Condição	Grupo	ICE_Stroop (%)		ICE_Contagem (%)	
		Média	DP	Média	DP
<i>Sem tarefa de equilíbrio</i>					
	Jovens	99,3	1,9	94,6 ^a	7,4
	Idosas não-caidoras ^a	96,9	3,8	76,2 ^c	23,1
	Idosas caidoras ^{a b}	95,9	5,3	87,7 ^b	11,5
<i>Equilíbrio com superfície estável</i>					
	Jovens	98,9	2,1	94,9 ^a	6,8
	Idosas não-caidoras ^a	96,8	4,8	74,6 ^c	23,2
	Idosas caidoras ^{a b}	98,8	2,4	81,3 ^b	16,6
<i>Equilíbrio com superfície instável</i>					
	Jovens	98,4 ^a	3,6	95,3 ^a	6,1
	Idosas não-caidoras ^a	92,9 ^b	11,4	75,7 ^c	20,4
	Idosas caidoras ^{a b}	99,2 ^a	1,9	86,6 ^b	14,3

a = indica diferenças para o grupo de jovens para ICE_Contagem

b = indica diferenças para o grupo de idosos não-caidoras para ICE_Contagem

ICE do teste de Stroop e ICE do teste de contagem tiveram grandes diferenças, confirmadas estatisticamente para todas as situações avaliadas, através do teste t para amostras pareadas ($0,012 < p < 0,001$). Tal fato denota que mesmo que os indivíduos respondam de forma mais lenta (em função do menor ICV) eles erram mais ao responder, podendo ser afirmado que a demanda cognitiva no teste de contagem regressiva é maior. Quando comparados os grupos, somente no teste de Stroop houve diferença; o grupo jovens e de idosos caidoras tiveram o percentual de acerto maior que as idosos não-caidoras. Já para o teste de contagem regressiva

em todas as condições avaliadas os jovens responderam de forma mais correta que as idosas caidoras que, por sua vez, responderam de forma mais correta que as idosas não-caidoras.

4.2 CONTROLE POSTURAL

A Tabela 5 apresenta os dados de Efeito e valor de probabilidade da ANOVA para todos os testes de controle postural para os dois tipos de superfície que foram usados.

Tabela 5 – Valores de efeito (F) e de probabilidade (p) da ANOVA para todas as variáveis de controle postural e valores de interação entre as variáveis.

	COPap		COPml		RMSap		RMSml		Elipse		Velocidade	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
Efeitos												
Grupo	59,06	<0,001	26,09	<0,001	0,88	0,417	12,00	<0,001	42,67	<0,001	74,07	<0,001
Superfície	126,00	<0,001	40,95	<0,001	4,55	0,033	9,66	0,002	85,98	<0,001	354,55	<0,001
Tarefa	14,92	<0,001	9,67	<0,001	0,05	0,948	2,63	0,073	15,25	<0,001	13,73	<0,001
Interações												
Grupo x superfície	2,02	0,133	1,16	0,315	2,51	0,082	11,33	<0,001	4,59	0,011	13,84	<0,001
Grupo x tarefa	1,36	0,249	2,23	0,065	0,51	0,725	2,28	0,060	1,73	0,142	1,10	0,354
Superfície x tarefa	1,55	0,213	6,36	0,002	0,38	0,687	1,63	0,197	4,22	0,015	0,29	0,746
Grupo x superfície x tarefa	1,05	0,380	1,63	0,165	0,37	0,828	1,60	0,172	0,64	0,634	0,79	0,534

A análise de variância observou efeitos significativos para o fator ‘grupo’ nas variáveis COPap, COPml, RMSml, Elipse e Velocidade. Para o fator ‘superfície’, efeitos significativos foram observados em todas as variáveis. Já para o fator ‘tarefa’, os efeitos foram significativos para as variáveis COPap, COPml, elipse e velocidade. Na análise das interações, observou-se interações entre grupo e superfície, nas variáveis RMSml, elipse e velocidade, além disso houve interação entre superfície e superfície e tarefa para as variáveis COPml e elipse. Nessas variáveis, as

comparações foram feitas de forma separadas, para serem identificadas as diferenças entre grupos ou entre condições testadas.

Nas Tabelas 6, 7, e 8 são apresentados médias e desvios-padrão das variáveis de equilíbrio, bem como a identificação de onde estavam as diferenças a partir do *post-hoc* de *Tukey* ou ANOVA One-way (quando houve interação).

Tabela 6 – Médias e desvios-padrão (DP) para a variável amplitude de deslocamento ântero-posterior (COPap) para os grupos, superfícies e tarefas cognitivas.

Grupo	Superfície	Tarefa cognitiva	COPap (cm)	
			Média	DP
Jovens				
		Sem tarefa	1,57	0,46
	Estável	Teste de Stroop	1,56	0,53
		Teste de contagem regressiva ^c	2,11	1,12
		Sem tarefa	2,67	0,81
	Instável ^b	Teste de Stroop	2,36	0,75
		Teste de contagem regressiva ^c	2,40	0,54
Idosas não-caidoras ^a				
		Sem tarefa	2,31	0,89
	Estável	Teste de Stroop	2,13	0,71
		Teste de contagem regressiva ^c	2,74	1,03
		Sem tarefa	3,29	0,76
	Instável ^b	Teste de Stroop	3,19	0,76
		Teste de contagem regressiva ^c	3,90	1,36
Idosas caidoras ^a				
		Sem tarefa	2,26	0,89
	Estável	Teste de Stroop	2,35	1,10
		Teste de contagem regressiva ^c	3,15	1,61
		Sem tarefa	3,58	0,91
	Instável ^b	Teste de Stroop	3,45	1,19
		Teste de contagem regressiva ^c	3,98	1,46

a = indica diferenças em relação ao grupo de jovens

b = indica diferenças em relação à superfície estável

c = indica diferenças em relação à condição sem tarefa cognitiva e com teste de Stroop

Analisando a Tabela 6, verificamos que para a variável COPap, ambos os grupos de idosos foram diferentes do grupo de jovens, ou seja, oscilaram mais. Além disso, a superfície instável mostrou diferenças em relação a superfície estável, dificultando a tarefa levando à maiores oscilações. Por fim, apenas a tarefa cognitiva

de contagem regressiva impôs demanda atencional significativa para prejudicar a manutenção do equilíbrio. A tarefa de Stroop não prejudicou significativamente a tarefa de manutenção do equilíbrio.

Tabela 7 – Médias e desvios-padrão (DP) para a variável amplitude de deslocamento médio-lateral (COPml) para os grupos, superfícies e tarefas cognitivas.

Grupo	Superfície	Tarefa cognitiva	COPml (cm)	
			Média	DP
Jovens				
		Sem tarefa	0,88	0,63
	Estável	Teste de Stroop	0,88	0,50
		Teste de contagem regressiva	1,16	1,29
		Sem tarefa	1,84 £	0,51
	Instável	Teste de Stroop	1,58 £	0,50
		Teste de contagem regressiva	1,60	0,45
		Sem tarefa	1,53	1,40
Idosas não-caidoras ^a				
		Sem tarefa	1,53	1,40
	Estável	Teste de Stroop	1,36	1,02
		Teste de contagem regressiva	3,20 ¥	4,29
		Sem tarefa	2,71 £	1,43
	Instável	Teste de Stroop	2,34 £	0,88
		Teste de contagem regressiva	2,65	1,29
		Sem tarefa	1,06	0,34
Idosas caidoras ^{a b}				
		Sem tarefa	1,06	0,34
	Estável	Teste de Stroop	1,21	0,68
		Teste de contagem regressiva	1,80 # ¥	1,02
		Sem tarefa	2,59 £	0,70
	Instável	Teste de Stroop	1,90 # £	0,54
		Teste de contagem regressiva	2,55 ¥ £	1,15

a = indica diferenças em relação ao grupo de jovens

b = indica diferenças em relação ao grupo de idosas não-caidoras

= indica diferenças em relação à condição sem tarefa cognitiva na mesma superfície

¥ = indica diferença em relação à condição com teste de Stroop na mesma superfície

£ = indica diferenças em relação à superfície estável na mesma tarefa cognitiva

Ao analisar a Tabela 7, percebe-se inicialmente que o grupo de idosas não-caidoras oscilou mais na tarefa de manutenção do equilíbrio que os demais grupos e o grupo de idosas caidoras oscilou mais que o grupo de jovens na direção médio-lateral. Além disso, análises separadas mostraram que a superfície instável impôs

mais dificuldade que a estável para quase todas as situações cognitivas, exceto durante a tarefa de contagem regressiva nos indivíduos jovens e nas idosas não-caidoras. Por fim, a tarefa cognitiva de contagem regressiva dificultou a tarefa de manutenção de equilíbrio para o grupo de idosas não-caidores em comparação com o teste de Stroop em superfície estável, e nas idosas caidoras em comparação com a condição sem tarefa cognitiva em superfície estável. Já o teste de Stroop foi capaz de facilitar a tarefa de manutenção do equilíbrio em idosas caidoras em superfície estável, na comparação feita com a condição sem tarefa cognitiva e com a condição realizando teste de contagem regressiva.

Tabela 8 – Médias e desvios-padrão (DP) para *Root Mean Square* ântero-posterior (RMSap) para os grupos, condições e tarefas cognitivas

Grupo	Superfície	Tarefa cognitiva	RMSap (cm)	
			Média	DP
Jovens				
		Sem tarefa	3,01	1,59
	Estável	Teste de Stroop	3,18	1,60
		Teste de contagem regressiva	3,20	1,74
		Sem tarefa	3,38	1,62
	Instável ^a	Teste de Stroop	3,49	1,09
		Teste de contagem regressiva	3,62	1,42
		Sem tarefa	3,38	1,62
Idosas não-caidoras				
		Sem tarefa	2,94	1,81
	Estável	Teste de Stroop	3,29	1,59
		Teste de contagem regressiva	3,25	1,69
		Sem tarefa	3,02	1,87
	Instável ^a	Teste de Stroop	2,84	1,48
		Teste de contagem regressiva	3,21	1,85
		Sem tarefa	3,02	1,87
Idosas caidoras				
		Sem tarefa	2,80	1,44
	Estável	Teste de Stroop	2,82	1,64
		Teste de contagem regressiva	2,85	1,43
		Sem tarefa	3,81	2,25
	Instável ^a	Teste de Stroop	3,64	1,53
		Teste de contagem regressiva	3,12	1,78
		Sem tarefa	3,81	2,25

a = indica diferença entre os tipos de superfícies

Ao analisar a Tabela 8, verifica-se que houve apenas efeito da superfície na tarefa de manutenção do equilíbrio. A condição em superfície instável prejudicou a tarefa de manutenção do equilíbrio em relação a superfície estável.

Tabela 9 – Médias e desvios-padrão (DP) para *Root Mean Square* médio-lateral (RMSml) para os três grupos

Grupo	Superfície	Tarefa cognitiva	RMSml (cm)	
			Média	DP
Jovens				
		Sem tarefa	0,98	0,60
	Estável	Teste de Stroop	0,78	0,53
		Teste de contagem regressiva	0,90	0,74
		Sem tarefa	1,00 ^a	0,51
	Instável	Teste de Stroop	0,95	1,31
		Teste de contagem regressiva	1,16	0,91
Idosas não-caidoras				
		Sem tarefa	1,61 ^a	0,80
	Estável	Teste de Stroop	1,41 ^b	0,84
		Teste de contagem regressiva	1,42 ^a	0,74
		Sem tarefa	1,69	1,19
	Instável	Teste de Stroop	1,09	0,82
		Teste de contagem regressiva	1,11	0,69
Idosas caidoras				
		Sem tarefa	0,71	0,50
	Estável	Teste de Stroop	1,04	0,91
		Teste de contagem regressiva	0,85	0,57
		Sem tarefa	1,90 [#]	1,25
	Instável	Teste de Stroop	1,73 ^{b#}	1,22
		Teste de contagem regressiva	1,21	0,69

a = indica diferença para os demais grupos na mesma superfície

b = indica diferenças para o grupo de jovens na mesma superfície

= indica diferenças entre as superfícies dentro do mesmo grupo

Para RMSml como houve efeito de grupo e de superfície e interação entre essas duas variáveis a comparação foi realizada separadamente. As tarefas cognitivas não impuseram dificuldade suficiente para aumentar a oscilação para esta variável. Ao analisar a Tabela 9, percebe-se que em superfície estável as idosas não-caidoras foram piores que os demais grupos em duas condições cognitivas (sem tarefa cognitiva e teste de contagem regressiva), além de oscilar mais que jovens na condição do teste de Stroop. Em superfície instável, os jovens foram

melhores que os demais grupos sem tarefa cognitiva e as idosas caidoras oscilaram mais que jovens na tarefa de Stroop. Entre as superfícies, apenas o grupo de idosas caidoras oscilou mais na superfície instável em duas condições testadas (sem tarefa cognitiva e com teste de Stroop).

Tabela 10 – Médias e desvios-padrão (DP) para área da elipse para os grupos, superfícies e tarefas cognitivas

Grupo	Superfície	Tarefa cognitiva	Área da elipse (cm ²)	
			Média	DP
Jovens				
		Sem tarefa	0,95	0,75
	Estável	Teste de Stroop	0,93	0,72
		Teste de contagem regressiva	2,03 #	2,88
		Sem tarefa	3,42 ^a	1,96
	Instável	Teste de Stroop	2,33 ^a	1,12
		Teste de contagem regressiva	2,65 ¥	0,97
Idosos não-caidoras				
		Sem tarefa	3,16 ^φ	4,60
	Estável	Teste de Stroop	2,51 ^φ	3,78
		Teste de contagem regressiva	4,52 ^φ	4,39
		Sem tarefa	6,05 ^{a φ}	3,58
	Instável	Teste de Stroop	4,61 ^{a φ}	2,18
		Teste de contagem regressiva	6,51 ^φ	3,96
Idosas caidoras				
		Sem tarefa	1,65	0,96
	Estável	Teste de Stroop	1,99	1,86
		Teste de contagem regressiva	4,12 #	3,75
		Sem tarefa	6,68 ^{a φ}	3,17
	Instável	Teste de Stroop	4,09 ^{a φ}	2,01
		Teste de contagem regressiva	7,13 ^{a ¥ φ}	5,45

a = indica diferenças entre as superfícies dentro de cada grupo e na mesma tarefa

φ = indica diferenças na mesma condição cognitiva na mesma superfície para grupo de jovens

Indica diferenças entre as condições cognitivas dentro do grupo na mesma superfície:

= para as demais condições cognitivas

¥ = para o teste de Stroop

Ao analisar os dados de área da elipse na Tabela 10 percebe-se que a superfície instável piorou o equilíbrio de jovens e idosas não-caidoras somente nas condições sem tarefa cognitiva e com tarefa de Stroop. As idosas caidoras oscilaram mais que jovens somente na superfície instável nas três condições cognitivas, enquanto que idosas não-caidoras oscilaram mais que jovens nas duas superfícies e

nas três condições cognitivas. Jovens e idosas caidoras oscilaram mais durante tarefa de contagem regressiva em comparação às outras duas situações cognitivas, em superfície estável, e mais durante a tarefa de contagem regressiva que à tarefa de Stroop, em superfície instável. Entre as idosas não-caidoras, tarefas cognitivas não influenciaram a área da elipse.

Tabela 11 – Médias e desvios-padrão (DP) para velocidade de deslocamento do COP para os grupos, superfícies e condições cognitivas

Grupo	Superfície	Tarefa cognitiva	Velocidade média (cm/s)	
			Média	DP
Jovens				
		Sem tarefa	0,87	0,22
	Estável	Teste de Stroop	0,95	0,23
		Teste de contagem regressiva ^a	1,17	0,46
		Sem tarefa	1,55 #	0,35
	Instável	Teste de Stroop	1,57 #	0,35
		Teste de contagem regressiva ^a	1,56 #	0,28
		Sem tarefa	1,25 ^b	0,66
Idosos não -caidores				
	Estável	Teste de Stroop	1,23 ^b	0,38
		Teste de contagem regressiva ^a	1,56 ^b	0,71
		Sem tarefa	2,23 ^{b#}	0,58
	Instável	Teste de Stroop	2,35 ^{b#}	0,58
		Teste de contagem regressiva ^a	2,66 ^{b#}	0,71
		Sem tarefa	1,14	0,47
Idosos caidores				
	Estável	Teste de Stroop	1,24 ^b	0,38
		Teste de contagem regressiva ^a	1,51	0,53
		Sem tarefa	2,29 ^{b#}	0,60
	Instável	Teste de Stroop	2,20 ^{b#}	0,79
		Teste de contagem regressiva ^a	2,56 ^{b#}	1,01

a = indica diferenças para as demais condições cognitivas no mesmo grupo e superfície

b = indica diferença para o grupo de jovens para a mesma condição cognitiva e mesma superfície

= indica diferenças para a superfície estável dentro do mesmo grupo para mesma condição cognitiva

Analisando a variável velocidade de deslocamento do COP, percebe-se que a tarefa de contagem regressiva influencia negativamente na tarefa de equilíbrio. As idosas não-caidoras tiveram pior desempenho que os jovens para todas as condições testadas, enquanto que as idosas caidoras somente tiveram o

desempenho piorado em superfície instável. A superfície instável piorou o controle do equilíbrio para todos os grupos em todas as condições cognitivas testadas.

4.3 MARCHA COM TRANSPOSIÇÃO DE OBSTÁCULO

Os resultados para as variáveis da marcha com obstáculo são apresentados nas próximas tabelas. A Tabela 12 traz os valores de efeito e de probabilidade para as variáveis cadência e velocidade média, enquanto a Tabela 13 apresenta os resultados em médias e desvios-padrão dessas mesmas duas variáveis, bem como a identificação das diferenças existentes entre os grupos e entre as condições testadas no estudo.

Tabela 12 – Valores de efeito (F) e de probabilidade (p) da ANOVA para as variáveis espaço-temporais da marcha com obstáculo

Variável	Grupo		Tarefa		Interação Grupo x Tarefa
	F	P	F	p	
Cadência	215,35	<0,001	54,36	<0,001	0,005
Velocidade média	210,63	<0,001	44,45	<0,001	0,040

Valores menores que 0,001 indicam efeito ou interação significativa.

Analisando os valores da Tabela 12, percebe-se que as variáveis espaço-temporais da marcha, cadência e velocidade, tiveram efeito significativo em relação ao grupo e à tarefa, havendo interação entre grupo e tarefa para ambas variáveis. Assim, as análises comparativas entre grupos para a mesma condição e entre condições dentro do mesmo grupo, foram realizadas por meio de uma ANOVA *One-way*, sendo as diferenças encontradas por *post-hoc* de *Tukey*.

Na situação sem tarefa cognitiva, tanto cadência quanto velocidade foram diferentes entre os três grupos, sendo maior para grupo de jovens, seguido pelo grupo de idosas não-caidoras e, por fim, idosas caidoras. Já durante os testes de Stroop e de contagem regressiva, tanto a cadência quanto a velocidade de ambos os grupos de idosas diferiu do grupo de jovens, sendo que os jovens realizaram a tarefa da marcha de forma mais rápida. Em análise intragrupo, tanto para cadência

quanto para velocidade, a tarefa de contagem regressiva afetou a tarefa em comparação à situação sem tarefa cognitiva. Já a tarefa de Stroop afetou a tarefa de jovens e de idosas não-caidoras, em comparação à situação sem tarefa cognitiva. Z A tarefa de contagem regressiva prejudicou mais as variáveis de espaço-temporais que a tarefa de Stroop no grupo de jovens, e no grupo de idosas não-caidoras (apenas para cadência), não havendo prejuízo adicional nos idosos caidores. Vale ressaltar que a velocidade de execução da tarefa era auto-selecionada, porém foi solicitado aos indivíduos não diminuírem a velocidade quando fosse executada uma tarefa cognitiva simultânea.

Tabela 13 – Médias e desvios-padrão (DP) para velocidade média e cadência da marcha com obstáculo

Tarefa	Grupo	Cadência (passos/s)		Velocidade média (m/s)	
		Média	DP	Média	DP
<i>Sem tarefa cognitiva</i>					
	Jovens	1,63 ^a	0,15	1,08 ^a	0,11
	Idosas não-caidoras	1,38 ^b	0,18	0,87 ^b	0,16
	Idosas caidoras	1,22 ^c	0,11	0,75 ^c	0,10
<i>Teste de Stroop</i>					
	Jovens	1,52 ^{#a}	0,18	0,98 ^{#a}	0,12
	Idosas não-caidoras	1,22 ^{#b}	0,21	0,74 ^{#b}	0,20
	Idosas caidoras	1,17 ^b	0,13	0,70 ^b	0,12
<i>Teste de contagem regressiva</i>					
	Jovens	1,40 ^{#¥a}	0,18	0,91 ^{#¥a}	0,13
	Idosas não-caidoras	1,11 ^{#¥b}	0,19	0,67 ^{#b}	0,17
	Idosas caidoras	1,12 ^{#b}	0,15	0,67 ^{#b}	0,12

#: diferença intragrupo em relação à situação sem tarefa cognitiva.

¥: diferença intragrupo em relação à situação com teste de Stroop.

Letras diferentes indicam diferenças entre os grupos dentro da tarefa.

A Tabela 14 traz os valores de efeito e de probabilidade para as variáveis relacionada às estratégias usadas pelos indivíduos na transposição do obstáculo durante a marcha. As Tabelas 15, 16 e 17 trazem as médias e os desvios-padrão dos resultados dessas variáveis, bem como a identificação das diferenças existentes entre os grupos e entre as condições testadas.

Tabela 14 – Valores de efeito (F) e de probabilidade (p) da ANOVA para todas as variáveis de marcha com obstáculo

Variável	Grupo		Tarefa		Interação Grupo x Tarefa
	F	P	F	p	
DV_HO_P1	1,93	0,146	2,49	0,084	n.s.
DV_CO_P1	3,91 *	0,021	5,32 *	0,005	n.s.
DV_HO_P2	11,61 *	<0,001	6,54 *	0,002	n.s.
DH_OP1	56,39 *	<0,001	1,90	0,151	n.s.
DH_P2O	2,57	0,078	2,50	0,084	n.s.

* Indica efeito significativo; n.s = não significativo;

DV_HO_P1: distância vertical hálux-obstáculo - pé de abordagem;

DV_CO_P1: distância vertical calcanhar-obstáculo - pé de abordagem;

DV_HO_P2: distância vertical hálux-obstáculo - pé de apoio;

DH_OP1: distância horizontal obstáculo-pé de abordagem;

DH_P2O: distância horizontal pé de apoio-obstáculo.

Percebe-se a partir dos resultados apresentados na Tabela 14 que o grupo exerceu efeito significativo em três das cinco variáveis analisadas, em DV_CO_P1, em DV_HO_P2 e em DH_OP1. Já a tarefa cognitiva exerceu influência sobre DV_CO_P1 e sobre DV_HO_P2. O maior efeito foi encontrado na distância horizontal obstáculo-pé de abordagem, ou seja, distância em que o pé de apoio foi colocado no solo após a transposição do obstáculo. Não houve interação entre grupo e tarefa para nenhuma variável, logo comparações detalhadas e separadas não são apresentadas. As Tabelas 15, 16 e 17 apresentam com detalhes as médias e desvios-padrão das variáveis, bem como a identificação das diferenças registradas pela ANOVA.

Nenhuma diferença foi encontrada na DV_HO_P1, mas em relação à DV_CO_P1 a análise de variância mostrou que o grupo de idosas caídas ultrapassou o obstáculo com o calcanhar mais afastado no momento da transposição que o grupo de jovens (Tabela 15). Além disso, a análise de variância mostrou que apenas a tarefa cognitiva com contagem regressiva influenciou a tarefa de transposição do obstáculo. O calcanhar do pé de transposição passou mais afastado na condição cognitiva com tarefa de contagem regressiva. Esses dados revelam que quanto maior foi a dificuldade da tarefa cognitiva, mais os indivíduos assumiram uma postura de segurança em relação à tarefa motora e ultrapassaram o obstáculo

afastando mais o pé deste, como uma forma evitar a queda. Além disso, os jovens assumem uma estratégia com mais risco que idosos caidores, com o pé mais próximo do obstáculo, evidenciando, talvez uma segurança maior na execução da tarefa. O fato de idosas caidoras terem sido acometidos por quedas pressupõe, com os resultados aqui encontrados, que talvez o medo de cair, na tarefa proposta, possa ter influenciado uma estratégia mais segura, afastando mais o pé do obstáculo.

Tabela 15 – Médias e desvios-padrão (DP) para distância vertical hálux-obstáculo - pé de abordagem (DV_HO_P1) e distância vertical calcanhar-obstáculo - pé de abordagem (DV_CO_P1)

Tarefa	Grupo	DV_HO_P1 (cm)		DV_CO_P1 (cm)	
		Média	DP	Média	DP
<i>Sem tarefa cognitiva</i>					
	Jovens	13,55	2,85	7,29	3,11
	Idosas não-caidoras	12,83	3,83	8,05	3,90
	Idosas caidoras ‡	14,07	3,58	8,74	2,72
<i>Teste de Stroop</i>					
	Jovens	14,56	3,42	8,41	3,60
	Idosas não-caidoras	13,61	3,89	8,75	3,39
	Idosas caidoras ‡	14,12	3,64	9,34	3,40
<i>Teste de contagem regressiva #</i>					
	Jovens	14,54	3,40	8,73	4,64
	Idosas não-caidoras	14,07	3,62	9,85	3,88
	Idosas caidoras ‡	14,57	4,44	9,58	3,40

#: indica diferença para a situação sem tarefa cognitiva.

‡: indica diferenças em relação ao grupo de jovens.

Com relação à variável DV_HO_P2 (Tabela 16), a análise de variância mostrou diferenças entre o grupo de idosas caidoras e os outros dois grupos, sendo que elas tiveram uma distância maior do obstáculo que os demais indivíduos. Esta foi, portanto, uma das variáveis da tarefa dinâmica de transposição do obstáculo que diferiu, portanto, idosas caidoras de não-caidoras. Em relação às condições cognitivas, tanto o teste de Stroop quanto a contagem regressiva implicaram em distância maior do hálux pé de apoio ao obstáculo ao final da transposição, quando

comparado com a condição sem tarefa cognitiva. Entre as condições com algum tipo de tarefa cognitiva não houve diferenças.

Tabela 16 – Médias e desvios-padrão (DP) para distância vertical hálux-obstáculo - pé de apoio (DV_HO_P2)

Tarefa	Grupo	DV_HO_P2 (cm)	
		Média	DP
<i>Sem tarefa cognitiva</i>			
	Jovens	11,29	5,59
	Idosas não-caidoras	10,38	5,89
	Idosas caidoras ‡	14,08	5,10
<i>Teste de Stroop #</i>			
	Jovens	13,10	5,46
	Idosas não-caidoras	12,14	5,73
	Idosas caidoras ‡	15,30	5,79
<i>Teste de contagem regressiva #</i>			
	Jovens	13,84	6,25
	Idosas não-caidoras	13,11	5,13
	Idosas caidoras ‡	15,85	6,53

#: indica diferença para a situação sem tarefa cognitiva

‡: indica diferenças em relação aos outros dois grupos.

Na variável DH_OP1 o efeito foi somente do grupo, não havendo efeito da tarefa cognitiva. Assim, o grupo de jovens teve um maior valor que as idosas não-caidoras, que por sua vez teve um valor maior que as idosas caidoras, indicando que este último grupo colocou o pé de abordagem mais próximo ao obstáculo após a transposição. Esse valor caracteriza uma chance maior de tropeço nesse grupo, durante a tarefa. Para DH_P2O, não houve diferenças nem levando em consideração o grupo, nem levando em consideração a tarefa cognitiva (Tabela 17).

Tabela 17 – Médias e desvios-padrão (DP) para distância horizontal obstáculo-pé de abordagem (DH_OP1) e distância horizontal pé de apoio-obstáculo (DH_P2O)

Tarefa	Grupo	DH_OP1 (cm)		DH_P2O (cm)	
		Média	DP	Média	DP
<i>Sem tarefa cognitiva</i>					
	Jovens	13,74	4,30	11,94	4,30
	Idosas não-caidoras #	10,11	3,53	13,18	4,57
	Idosas caidoras # ¥	7,95	2,97	11,97	4,41
<i>Teste de Stroop</i>					
	Jovens	12,54	5,20	12,52	4,40
	Idosas não-caidoras #	8,77	3,71	13,68	5,17
	Idosas caidoras # ¥	7,78	2,95	12,97	3,95
<i>Teste de contagem regressiva</i>					
	Jovens	13,06	6,87	13,14	5,26
	Idosas não-caidoras #	9,70	3,21	14,23	4,94
	Idosas caidoras # ¥	8,78	3,92	13,32	4,96

#: indica diferença em relação ao grupo de jovens

¥: indica diferença em relação ao grupo de idosas não-caidoras

5 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a influência de tarefas cognitivas no desempenho de tarefas motoras (controle postural e marcha com obstáculo) em adultas jovens e idosas caidoras e não-caidoras. Para isso foram usadas duas tarefas cognitivas, o teste de Stroop e o teste de contagem regressiva. Os testes foram desenvolvidos sem a tarefa de equilíbrio e com a tarefa de equilíbrio em superfície estável e instável, além da tarefa dinâmica de marcha com obstáculo. Para as tarefas de equilíbrio o desempenho nos testes cognitivos foi avaliado por meio de ICV e ICE. A análise realizada por meio de ANOVA de dois fatores (grupo e condição) evidenciou que os dois grupos de idosas realizaram a tarefa de forma mais lenta que os indivíduos jovens independentemente da condição avaliada, denotando uma dificuldade maior na execução da tarefa cognitiva em função de uma velocidade de processamento cognitivo reduzida que acomete os indivíduos idosos (PALLUEL; NOUGIER; OLIVIER, 2010). Além disso, na tarefa de contagem regressiva as idosas não-caidoras tiveram mais erros nas respostas que os idosos caidores, que por sua vez erraram mais as respostas que os indivíduos jovens, enquanto que no teste de Stroop apenas as idosas não-caidoras foram piores que os outros dois grupos na apenas na condição de superfície instável. Tais achados no ICE, juntamente com os índices de ICV, que na comparação entre as tarefas cognitivas apresentou diferenças para todos os grupos em todas as condições, corroboram com a ideia de que a tarefa cognitiva de contagem regressiva é uma tarefa de maior demanda cognitiva que a tarefa de Stroop.

O fato de não ter sido encontrado efeito da condição de equilíbrio sobre o ICV e sobre o ICE, significa que nas duas condições de equilíbrio a demanda cognitiva foi igual à demanda cognitiva imposta quando nenhuma tarefa de equilíbrio foi solicitada. Isto demonstra que durante as tarefas de equilíbrio foi imposta a demanda cognitiva ideal, sendo que resultados diferentes nas variáveis de equilíbrio são relacionados à demanda cognitiva imposta pela tarefa aplicada. Além disso, evidencia-se neste estudo que a tarefa motora de manter o controle postural impõe uma dificuldade insuficiente para diminuir o desempenho no teste cognitivo. Neste estudo, durante a tarefa motora de marcha com o obstáculo não foram avaliados

ICV e ICE, em função da dificuldade de padronizar a tarefa dentro de um padrão de tempo igual entre todos os indivíduos, o que geraria influência direta sobre os resultados em ICV, e em função do pouco tempo de execução da tarefa, o que geraria influência direta sobre os resultados em ICE.

Uma vez identificado que os testes cognitivos implicaram demanda cognitiva significativa, sendo a demanda mais significativa no teste de contagem regressiva que no teste de Stroop, as tarefas de equilíbrio sofreram algumas influências. As análises de controle postural em diferentes superfícies (estável e instável) foram feitas separadamente, não sendo usadas como fator dentro do modelo usado. A superfície instável oferece uma dificuldade maior na execução da tarefa de se manter em equilíbrio em função da confusão das entradas aferentes das plantas dos pés, na tentativa de impor uma necessidade do indivíduo em demandar um pouco mais de atenção à esta tarefa, quando comparado com uma situação em que a superfície é estável. A Figura 5 apresenta um resumo dos resultados obtidos, de forma a simplificar o que foi encontrado com as médias e com os testes estatísticos.

Figura 5 – Resumo dos resultados encontrados para as variáveis do controle postural

Variável	Efeito	Estável	Instável
<i>COPap</i>	Grupo	Idosos piores que jovens	SI
	Tarefa	Contagem piora todos	Contagem piora não-caidores
<i>COPml</i>	Grupo	Idosos não-caidores piores que outros dois grupos	Idosos piores que jovens
	Tarefa	Contagem piora	Stroop melhora caidores
<i>RMSap</i>	Grupo	SI	
	Tarefa	SI	
<i>RMSml</i>	Grupo	Idosos não-caidores piores que outros dois grupos	Idosos caidores piores que outros dois grupos
	Tarefa	SI	
<i>Elipse</i>	Grupo	Idosos piores que jovens	
	Tarefa	Contagem piora	Stroop melhora todos
<i>Velocidade</i>	Grupo	Idosos piores que jovens	
	Tarefa	Contagem piora	SI

Legenda - SI: sem interferência alguma

Primeiramente, uma comparação geral entre grupos, percebeu-se que ambos os grupos de idosos é pior que os jovens nas variáveis COPap, área da elipse e velocidade média de deslocamento do COP (em ambas as superfícies) e COPml (apenas em superfície instável). Isto significa que a oscilação corporal dos indivíduos aumentou, sendo sempre maior para os indivíduos idosos que em jovens em todas as condições testadas. Este achado é importante, visto que essa evidência de aumento de oscilação pode se refletir em um aumento das chances de quedas, fato já encontrado por outros autores.

Para COPml (em superfície estável) e RMSml (em superfície estável), apenas as idosos não-caídas foram piores que jovens, de uma forma geral. Isto significa que as idosos caídas oscilaram igual aos indivíduos jovens e não há qualquer razão que possa explicar esses achados. Yeh *et al.* (2015) identificou nessa variável (variabilidade médio-lateral) diferenças entre indivíduos idosos e adultos jovens, em tarefas de manutenção de equilíbrio com feedback visual, sendo essa variabilidade maior em idosos. Os autores colocam que a variabilidade médio-lateral pode ser uma medida mais sensível a variações decorrentes da idade que medidas no deslocamento ântero-posterior. Porém, RMSml (em superfície instável) foi a única variável que diferiu idosos caídas de idosos não-caídas, sendo que os caídas apresentaram maiores valores. Esse achado pode retratar que a variabilidade da oscilação médio-lateral em superfície instável pode ser um fator identificador ou determinante de quedas em idosos. Não há estudos na literatura que tenha encontrado algo semelhante. Era esperado que na maioria das situações as idosos caídas oscilariam mais que idosos não-caídas e jovens e que isso se agravaria em situações em que a demanda cognitiva fosse aumentada. Esta hipótese é, portanto, descartada não havendo como considerar que dentre as variáveis estudadas de controle postural estático sejam determinantes de quedas em idosos, apesar de ser consenso que o aumento da oscilação corporal aumenta o risco de quedas.

Com relação aos efeitos da tarefa cognitiva, a demanda cognitiva imposta pela tarefa de contagem regressiva afetou o desempenho do controle postural, de uma forma geral, em todos os grupos na situação de superfície estável, o que foi

encontrado nas variáveis COPap, COPml, área da elipse e velocidade média de deslocamento do COP. Na superfície instável, a contagem regressiva piorou só COPap em idosas não-caidoras. Por outro lado, o teste de Stroop não resultou em piora de equilíbrio em nenhuma situação para nenhum grupo. Dault *et al.* (2001), em estudo com adultos jovens, haviam encontrado que tarefas cognitivas não influenciam a tarefa postural, se esta for uma tarefa com baixa demanda atencional. No presente estudo, a tarefa motora mais fácil – equilíbrio em superfície estável – foi afetada pela tarefa cognitiva de contagem regressiva, enquanto que a tarefa motora com maior dificuldade – em superfície instável – não mostrou ser afetada, contrariando os achados de Dault *et al.* (2001). O que pode explicar esse achado é uma especificidade dos testes de equilíbrio que foram diferentes entre os estudos, uma vez que a superfície instável foi determinada por diferentes mecanismos: almofada, nesse estudo, e gangorra de equilíbrio, em Dault *et al.* (2001). Porém, nosso estudo encontrou resultados semelhantes ao de Palluel, Nougier e Olivier (2010) e Pellechia (2003), com adultos jovens e adolescentes, e de Jamet *et al.* (2004) e Jamet *et al.* (2007), com idosos, no que diz respeito à demanda cognitiva do teste cognitivo. Nesses estudos, somente a tarefa essencialmente mental – de contagem regressiva (em etapas de três, no primeiro e segundo estudo, e em etapas de sete, no terceiro e no quarto estudo) – foi suficiente para interferir no controle postural, sendo o teste de Stroop (e outros testes) identificados como testes de pouca demanda cognitiva, que não resulta em piora de equilíbrio. Devemos atentar para este fato, pois uma tarefa cognitiva muito difícil aumenta nossa oscilação corporal, podendo aumentar a chance de cair.

Maylor e Wing (1996) investigaram a oscilação corporal de voluntários adultos em idade avançada (média de idade de 57 anos) e idosos (média de idade de 77 anos) enquanto realizavam tarefas cognitivas. A tarefa cognitiva de contagem regressiva, uma das utilizadas pelo estudo, impôs uma situação que afetou a oscilação corporal de forma negativa, principalmente dos indivíduos idosos.

Em duas variáveis, COPml (em superfície instável, em idosas caidores), e área da elipse (em superfície instável, em todos os grupos), o teste de Stroop foi capaz de melhorar o controle postural dos indivíduos testados. Estes achados nestas situações sugerem que pode ter ocorrido o que sugere o modelo de interação

linear em formato de U, de Huxhold *et al.* (2006), pois a facilidade da tarefa pode ter alterado o foco atencional para a tarefa de equilíbrio melhorando-o. Algo semelhante foi encontrado no estudo de Jamet *et al.* (2004), porém com outra explicação. O teste de Stroop é uma tarefa visuo-verbal, havendo informação visual que pode auxiliar na tarefa de equilíbrio, enquanto o teste de contagem, por ser uma tarefa essencialmente mental, o indivíduo desconsidera a informação do ambiente (informação visual), privando o indivíduo de usar esta a informação para o controle postural prejudicando seu desempenho (JAMET *et al.*, 2004). Esta facilitação também foi vista por Jamet *et al.* (2007), onde as tarefas visuo-verbais melhoraram o equilíbrio ao ponto em que as tarefas essencialmente mentais acabaram piorando o controle do equilíbrio. Além disso, pode ser que estas variáveis estejam associadas ao mecanismo de priorização da tarefa. Lacour, Bernard-Demanze e Dumitrescu (2008) e Simoneau *et al.* (2008) encontraram que idosos priorizam a tarefa de controle postural sobre a tarefa cognitiva, de forma a se precaver de eventos perigosos, como uma queda.

A variável RMSap não foi sensível para identificar diferenças entre grupos e entre as condições cognitivas utilizadas. Acredita-se que por ser uma medida de dispersão em relação à média do deslocamento do COP, essas variáveis podem ser pouco sensíveis para identificação de maior número de diferenças, uma vez que todos os instantes da oscilação são levados em consideração.

É possível afirmar, através de uma análise de todas as variáveis de controle postural, que existe uma tendência geral de a tarefa de contagem regressiva piorar o controle postural de forma significativa apenas em superfície estável. Acredita-se que na superfície instável as oscilações já são relativamente grandes, a ponto de a tarefa cognitiva de contagem regressiva não conseguir impor uma dificuldade extra na execução da tarefa de se manter em equilíbrio. Outra hipótese, é que os idosos acabam priorizando mais a tarefa de controle postural na superfície instável em relação aos jovens, aproximando as diferenças existentes entre os grupos. Lacour, Bernard-Demanze e Dumitrescu (2008) e Simoneau *et al.* (2008) colocam que os indivíduos idosos acabam priorizando tarefas de equilíbrio quando estas são mais desafiadoras, como no caso de uma superfície instável, por uma questão de preocupação com a segurança na tarefa. Idosos preferem relegar o teste cognitivo

para segundo plano, e focam a atenção na tarefa motora, mais importante para sua sobrevivência (SIMONEAU *et al.*, 2008). Já os indivíduos jovens, preferem executar a tarefa cognitiva num primeiro plano e, em função disso, menos atenção é dada à tarefa de equilíbrio. Como resultado, as oscilações das jovens, em superfície instável, se aproximaram, de uma forma geral, das oscilações das idosas. Já o teste de Stroop parece não colocar demanda cognitiva suficiente para prejudicar o controle postural; ao contrário, por ser uma tarefa visuo-verbal pode auxiliar a tarefa de controle postural, sendo capaz de diminuir as oscilações corporais em função do uso dessa informação para a manutenção do equilíbrio (JAMET *et al.*, 2004; JAMET *et al.*, 2007).

Em relação à tarefa dinâmica usada neste estudo, a tarefa de marcha com obstáculo, pode-se perceber inicialmente uma tendência de diminuição da velocidade da marcha e da cadência em idosas, sendo que os caidores tiveram menor velocidade que os não-caidores. Esta estratégia, de fazer a tarefa com menor velocidade, representa, talvez, um medo de errar a tarefa motora e um medo de cair ao realizar a tarefa, uma vez que ela impõe certa dificuldade e requer certa atenção para ser executada. Sun *et al.* (2010) verificaram que o tempo levado para a execução da tarefa de transposição de vários obstáculos colocados separados a dois metros de distância ao longo de um caminho de 10m foi associado com déficits de equilíbrio e outros fatores associados ao risco de quedas em homens e mulheres idosos japoneses. Os achados aqui encontrados são corroborados por outros já relatados, como os de Plummer-D'amato *et al.* (2012), Holmann *et al.* (2007) e Priest *et al.* (2008); todos eles também encontram diminuição da velocidade de marcha em idosos, independente de realização ou não de tarefas cognitivas simultâneas. As velocidades encontradas no presente estudo são semelhantes às encontradas por Rocha *et al.* (2013) em idosos (0,91 m/s) e jovens (1,11 m/s), sem tarefa cognitiva, e em idosos (0,78 m/s) e jovens (1,04 m/s), quando realizaram teste de Stroop.

Percebeu-se, também, uma tendência geral de a velocidade diminuir com o aumento da demanda cognitiva da tarefa, para todos os grupos estudados. Essa estratégia pode ser considerada normal, uma vez que a demanda cognitiva nos testes propostos tende a diminuir a velocidade de execução da tarefa motora. Em média, a tarefa de contagem regressiva diminuiu em torno de 16% a velocidade de

execução da marcha com o obstáculo quando comparado à situação sem tarefa, enquanto que a tarefa de Stroop diminui em torno de 10% a velocidade na mesma comparação. Vários estudos reportaram o mesmo achado (PLUMMER-D'AMATO *et al.*, 2012; HOLMANN *et al.*, 2007; PRIEST *et al.*, 2008; GUADAGNIN *et al.*, 2015), ao passo que um deles identificou até que os indivíduos param de realizar a tarefa motora para fazer uma cognitiva como o de Lundin-Olsson, Nyberg e Gustafson (1997), onde os indivíduos mais propensos a quedas tenderam a parar de caminhar enquanto conversavam.

No estudo de Plummer-D'amato *et al.* (2012) resultados semelhantes foram encontrados. A velocidade foi afetada de forma significativa por meio de um aumento da dificuldade da tarefa cognitiva (teste de Stroop auditivo e teste do relógio), principalmente nos indivíduos idosos. Holmann *et al.* (2007) verificaram efeitos semelhantes. O grupo de idosos teve a velocidade da marcha afetada mais pela realização do teste cognitivo, representado por soletração de palavras de trás para frente, que indivíduos adultos de meia-idade e jovens. No estudo de Priest *et al.* (2008), onde a tarefa cognitiva foi semelhante à desse estudo, os resultados mostraram que a velocidade da marcha reduziu enquanto os indivíduos adultos (-18%) e idosos (-30%) executaram a tarefa cognitiva. Guadagnin *et al.* (2015) encontrou diminuição da velocidade de marcha durante atividade cognitiva, tanto para idosos ativos quanto para idosos sedentários. Tais estudos, corroborando com os achados do presente estudo, evidenciam que a tarefa cognitiva afeta a forma como os indivíduos executam a tarefa de marcha auto-selecionada, optando por uma velocidade mais lenta e segura para a realização da tarefa. Em todos os estudos citados é consenso que a diminuição da velocidade de marcha é um fator relacionado à uma marcha menos estável e, por isso, relacionada a uma tendência a quedas.

Em relação às variáveis específicas relacionadas à transposição do obstáculo, notamos que o efeito do grupo foi significativo para três das cinco variáveis e o efeito de da tarefa foi significativo para duas das cinco variáveis. Sobre estudos com tarefas dinâmicas Maki (1997) relata que alguns parâmetros desse tipo de tarefa são mais específicos para prever quedas que tarefas estáticas. Também é reportado na literatura que o valor das distâncias verticais utilizadas possui uma

relação inversamente proporcional à possibilidade de ocorrência de quedas, ou seja, quanto menor as distâncias verticais do pé ao obstáculo durante a transposição maior é a chance de o indivíduo bater o pé no obstáculo, tropeçar e cair na execução da tarefa (BARRETT; MILLS; BEGG, 2010). Em função de ser uma tarefa que seja diretamente relacionada ao acontecimento de um tropeço e o tropeço ser um dos mecanismos que mais resultam em queda (TINETTI; SPEECHLEY; GINTER, 1988; LU; CHEN; CHEN, 2006; GUIMARÃES; FARINATTI; 2005), esta tarefa é usada para estudar o comportamento motor dos indivíduos ao se expor a uma situação em que a possibilidade de ocorrer um tropeço é maior. Sendo assim, avalia-se a chance de ocorrência de quedas.

A distância vertical do hálux do pé de abordagem ao obstáculo (DV_HO_P1) no início da transposição não foi diferente entre os grupos e entre as condições cognitivas. Já a distância vertical do calcanhar do pé de abordagem ao obstáculo (DV_CO_P1) ao final da transposição e a distância vertical do hálux do pé de apoio ao obstáculo (DV_HO_P2) no início da transposição tiveram efeito significativo de grupo e de condição. Na situação sem tarefa cognitiva, as idosas caidoras tiveram os pés mais afastados do obstáculo que as jovens, enquanto que durante as tarefas cognitivas, de forma geral, as idosas caidoras passaram com o pé mais próximo do obstáculo em relação a idosas não-caidoras e jovens, somente no início da transposição com o pé de apoio. Esses achados são diferentes do que era esperado, uma vez que isso retrata uma possibilidade menor de queda durante a execução da tarefa para idosas caidoras. Porém, Rocha *et al.* (2013) encontraram um resultado semelhante em idosos, uma aumentada distância vertical do pé de abordagem ao obstáculo, enquanto realizavam tarefa cognitiva, denotando possivelmente uma estratégia mais cautelosa nessa situação. Já Guadagnin *et al.* (2015) encontraram para idosos ativos uma estratégia mais segura (pé mais afastado) que em idosos sedentários, relatando menores chances de quedas. Porém, atenta-se para o fato de que a distância vertical do hálux do pé de apoio ao obstáculo no início da transposição diferiu em todas as condições cognitivas entre idosas caidoras e não-caidoras. É possível que esta variável possa representar uma diferença importante na estratégia de transposição de obstáculo e ser uma variável determinante para estimar a chance de queda em indivíduos idosos.

O que poderia explicar esse achado, mais uma vez, é o medo de cair durante a execução da tarefa. Caso exista uma falha na estratégia de transposição do obstáculo para os indivíduos idosos, a limitação física imposta pela idade pode aumentar o risco de queda devido à inabilidade para se recuperar de um tropeço (LU; CHEN; CHEN, 2006). Segundo Vellas *et al.* (1997) em torno de um terço das pessoas desenvolvem medo de cair depois de um incidente de queda. O medo de novas quedas leva o idoso a diminuir suas atividades, provocando a síndrome da imobilidade (TOLEDO; BARELA, 2010). Cumming *et al.* (2000) relata também que aqueles que tem medo de cair tem um risco de queda aumentado. Como a tarefa de transposição do obstáculo expõe o indivíduo a uma possibilidade de queda, as idosas caídas possivelmente assumiram uma estratégia mais cautelosa na execução distanciando verticalmente seu pé mais que os indivíduos jovens, cuja estratégia de execução foi menos cautelosa. Hollman *et al.* (2007) também colocam que muitas pessoas que caem, mesmo não se lesionando, desenvolvem o medo de cair e, assim, limitam suas atividades reduzindo sua mobilidade, enfraquecendo e aumentam o seu risco de quedas. Já Maki (1997) encontrou que um reduzido comprimento da passada, reduzida velocidade, aumento do tempo de duplo suporte e pequenos escores em testes clínicos de marcha foram associados com o medo de cair, em tarefa de marcha normal, sem obstáculo.

Já em relação à tarefa, percebeu-se que os indivíduos jovens e idosas não-caídas passaram com o pé mais afastado nas condições do teste de Stroop (exceto em DV_CO_P1, para idosas não-caídas) e nas condições do teste de contagem regressiva, quando comparados à situação sem tarefa cognitiva. Mas as idosas caídas não diferiram entre as tarefas cognitivas em DV_CO_P1, e diferiram só quando realizaram a contagem regressiva em DV_HO_P2. Pode-se inferir, a partir desses achados, que uma vez que as idosas caídas já assumiram uma estratégia cautelosa durante a marcha com transposição de obstáculo sem tarefa cognitiva simultânea, houve pouca margem para assumirem uma estratégia ainda mais cautelosa durante a execução de tarefas cognitivas simultâneas. Já para as idosas não-caídas e para as adultas jovens, as tarefas cognitivas impuseram uma dificuldade extra que implicou numa mudança de estratégia durante a marcha com obstáculo, assumindo assim estratégias mais cautelosas na execução da tarefa. Tal

fato demonstra, que os indivíduos tiveram menor chance de queda quando executaram a tarefa cognitiva ao mesmo tempo, como uma estratégia compensatória para reduzir o risco de queda. Nossos achados corroboram com o achado de Rocha *et al.* (2013) que encontraram que a tarefa cognitiva (Stroop) aumentou a distância vertical do pé de abordagem em idosos.

Com relação às distâncias horizontais, que estabelecem a capacidade muscular dos indivíduos para a realização da tarefa de transposição do obstáculo, percebeu-se que a distância do pé de apoio ao obstáculo antes da transposição não teve diferenças entre os grupos e entre as condições cognitivas testadas. Porém, a distância horizontal do pé de abordagem para o obstáculo, depois que esse pé fez a transposição, teve efeito significativo de grupo. Observa-se uma tendência de os jovens distanciarem mais o pé do obstáculo, denotando maior capacidade de transposição em todas as situações quando comparado às idosas. Entre idosas caidoras e não-caidoras, houve diferença somente sem tarefa cognitiva, onde as caidoras colocaram o pé mais próximo do obstáculo que as não-caidoras. Tal fato denota que a capacidade muscular de transposição do obstáculo das idosas não-caidoras foi diminuída pela execução das tarefas cognitivas, enquanto que para as idosas caidoras essa capacidade já era diminuída mesmo não realizando nenhuma tarefa cognitiva. Rocha *et al.* (2013) encontraram efeito da tarefa em idosos. Antes do obstáculo a distância aumentou, e após o obstáculo a distância do pé ao obstáculo diminuiu com a tarefa de Stroop, sendo sempre uma distância pós-obstáculo menor em idosos. Esta última estratégia retratou uma chance maior de queda nos idosos quando realizam a tarefa de Stroop.

Os resultados do presente estudo corroboram com os achados de Lowrey *et al.* (2007) ao investigar como idosos e jovens realizam a transposição do obstáculo (sem realização de tarefas cognitivas). Eles identificaram que não houve diferenças na distância horizontal antes do obstáculo e houve diferença entre idosos e jovens na distância do pé depois da transposição do obstáculo, onde a distância do pé foi maior após o obstáculo nos indivíduos jovens. Segundo os autores, esse achado pode refletir, não apenas a menor capacidade de transposição do obstáculo, como também uma maior chance de quedas em indivíduos idosos em função da aproximação maior do pé ao obstáculo após a transposição. Já Guadagnin *et al.*

(2015) verificaram diferenças na distância horizontal pré-obstáculo e pós-obstáculo, com medidas idênticas ao do nosso estudo. Porém, o enfoque foi a comparação de idosos ativos com inativos. Os idosos ativos apresentaram sempre maiores distâncias horizontais pré e pós-obstáculo, tanto em situação sem tarefa cognitiva, quanto na situação com a tarefa cognitiva sendo realizada simultaneamente. Idosos ativos podem ter uma melhor capacidade de transpor o obstáculo, se assemelhando mais às estratégias de transposição realizada pelos indivíduos adultos do presente estudo. Nesse sentido, temos um indício de que o exercício físico pode ajudar a forma como os indivíduos idosos realizam a tarefa de transposição de obstáculo e auxiliar também na diminuição do risco de quedas.

Além disso, outro fator que pode ser estar ligado a essa estratégia específica está relacionado ao que é relatado no estudo de Guimarães e Farinatti (2005) que avaliou se a amplitude de movimentos das articulações dos membros inferiores pode ou não estar ligada à ocorrência de quedas em idosos. Foi identificado que a restrição da mobilidade nas articulações de quadril, joelho e tornozelo em idosos está relacionada à ocorrência de quedas. Esse fator não foi avaliado nesse estudo, mas pode-se inferir que as menores distâncias horizontais encontradas na transposição de obstáculos podem estar relacionadas a uma menor amplitude de movimento da articulação do quadril, fato que pode reduzir o comprimento do passo e, nesse estudo, a distância horizontal do pé ao obstáculo.

Percebe-se que a estratégia escolhida por idosas caidoras para a transposição do obstáculo foi, de uma forma geral, aumentar a distância vertical para o obstáculo ao final da transposição com o pé de abordagem, aumentar a distância vertical para o obstáculo no início da transposição com o pé de apoio e reduzir a distância horizontal após a transposição com o pé de abordagem. Enquanto isso, indivíduos jovens optaram por uma distância horizontal maior na transposição do obstáculo e, para tanto, as distâncias verticais foram menores. Nesse sentido, as parábolas realizadas pelo pé de abordagem na transposição do obstáculo são diferentes em comparação dos idosas caidoras com as adultas jovens. Uma ilustração dessas diferentes estratégias é mostrada na Figura 6.

Figura 6 – Esquema das diferentes estratégias na transposição do obstáculo do pé de abordagem



A estratégia referida na Figura 5 é uma representação gráfica das estratégias assumidas, de uma forma geral, pelos indivíduos jovens e idosos caidoras durante a transposição do obstáculo. Nesse sentido, idosos caidoras ao serem submetidos a uma tarefa desafiadora e a identificarem com uma situação propensa a quedas, optam por realizarem uma estratégia que ofereça maior segurança, por meio de afastamento do pé do obstáculo. Como consequência, aproximam mais o pé ao final da transposição. Já as adultas jovens, não entendem a tarefa como uma situação muito desafiadora e favorável a queda, assumindo assim estratégias menos cautelosas para este fim. Porém, ao passo que a tarefa cognitiva foi sendo realizada e a dificuldade da tarefa foi aumentando, a estratégia representada pelos jovens foi se aproximando da estratégia dos idosos caidoras. Podemos inferir que a tarefa utilizada nesse estudo por si só já representa uma dificuldade significativa para o idoso acometido por quedas e que a demanda cognitiva pode afetar a forma como os demais indivíduos exercem a tarefa.

Outro objetivo do estudo era identificar se a realização de tarefas cognitivas simultaneamente à realização de tarefas motoras pudesse ser um fator que determinasse a ocorrência de quedas. Esta hipótese é descartada com os resultados encontrados, uma vez que as diferenças existentes entre as estratégias usadas por indivíduos idosos caidores e não-caidores, ao longo da execução das tarefas cognitivas, prevê uma chance menor ou igual de ocorrência de quedas (afastamento do pé do obstáculo). É possível afirmar, portanto, que tarefas

cognitivas simultâneas não são determinantes para a ocorrência de quedas e que outros fatores podem ser mais específicos para esta determinação. Por exemplo, a falta de força é um fator associado à ocorrência de quedas. Nós necessitamos força – e de forma rápida – toda vez que a linha do centro de gravidade ultrapassa os limites da base de suporte para compensar essa ocorrência e evitar uma queda. Um idoso acometido por perda de força, em decorrência da sarcopenia, pode ser nesse sentido mais acometido por quedas.

Rubenstein e Josephson (1996) já haviam identificado que a fraqueza muscular é um dos fatores de risco mais importantes associados ao risco de quedas. Arantes *et al.* (2009), por exemplo, identificou diferenças na marcha de idosos que praticam musculação, para fortalecimento muscular, com um grupo de idosos que praticam hidroginástica. Os idosos que não faziam musculação tiveram estratégias menos parecidas às estratégias de indivíduos bem condicionados. Eles apresentaram reduzido comprimento de passada (estratégia que pode ter acontecido nos idosos do presente estudo) e aumentados tempo de apoio simples e tempo de duplo apoio, estratégias que podem estar relacionadas à uma marcha menos saudável e, portanto, com maior risco de quedas. Já no estudo de Nascimento *et al.* (2008) foi identificado que a fraqueza muscular é o fator intrínseco mais associado à ocorrência de quedas em idosos institucionalizados. Hallal (2013) identificou o torque isométrico máximo de flexores de joelho como um fator que pode estar relacionado a quedas, ao comparar idosos caidores e não-caidores. Viram também que o treinamento de equilíbrio com haste vibratória pode resultar em melhoras na tarefa de marcha, presumindo um treinamento capaz de reduzir o risco de quedas. Já Skelton, Kennedy e Rutherford (2012) identificaram que a menor potência de membros inferiores e maiores assimetrias entre membros são fatores que podem estar relacionados a quedas.

Guadagnin *et al.* (2015) ao comparar a execução da tarefa de marcha com transposição de obstáculo de indivíduos idosos sedentários e ativos, verificaram que os idosos sedentários alteraram mais a marcha que os idosos ativos quando executaram a tarefa com a atividade cognitiva simultânea (teste de Stroop modificado), ultrapassando o obstáculo com o pé mais afastado. Este resultado pode estar relacionado ao fato de que os idosos ativos, em função do exercício físico,

foram mais seguros na execução da tarefa, enquanto que idosos sedentários acabam sendo mais cautelosos que os ativos. Pode se inferir que esse achado se deve ao fato, talvez, de um maior medo de cair dos idosos sedentários, em decorrência de fraqueza muscular por falta de exercício físico. No presente estudo, os idosos não realizavam exercício físico, pelo menos nos últimos três meses, o que pode explicar também o fato de ambos os grupos usarem a mesma estratégia que os idosos sedentários do estudo de Guadagnin *et al.* (2015) na sua marcha, distanciando o pé do obstáculo.

Daly *et al.* (2015) publicaram um protocolo de estudo, o qual prevê um treinamento em que exercícios de potência muscular (cuja falta também já foi verificada como relevante para ocorrência de quedas) são combinados com tarefas cognitivas em duplas-tarefa. O design do estudo prevê 18 meses de duração divididos em três etapas de seis meses cada. A primeira etapa prevê a aplicação efetiva do programa de treinamento, a segunda é relacionada a um programa de manutenção e a terceira é relativa ao período de destreino. Esta perspectiva de estudo pode nos elucidar um treinamento que possa ser bem específico para o treinamento de idosos propensos a queda e efetivamente encontrar uma forma de solucionar ou diminuir os problemas de saúde advindos da ocorrência de quedas em indivíduos idosos. Parece consenso, portanto, que o exercício físico é o meio pelo qual poderemos diminuir a chance de ocorrência de quedas em indivíduos idosos.

Por fim, as limitações desse estudo são referentes à não avaliação nos indivíduos no momento dos testes do seu medo de cair. Este fator foi citado na discussão como um possível fator que afetou os resultados do estudo. Porém, esta informação deve ser tratada com cautela, uma vez que isto não foi testado no presente estudo. Além disso, este estudo deteve-se a estudar o desempenho em apenas duas tarefas específicas, o controle postural estático e tarefa dinâmica de transposição do obstáculo. Não é possível generalizar esses resultados a outras tarefas além das que foram usadas aqui, uma vez que somente estas duas foram usadas no presente estudo.

6 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo evidenciam que para tarefas estáticas e dinâmicas do controle postural indivíduos jovens respondem de forma diferente que as idosas. De uma forma geral, nas tarefas estáticas os indivíduos jovens possuem maior controle, oscilando menos que as idosas, enquanto que nas tarefas dinâmicas eles assumiram estratégias menos cautelosas.

Com relação às tarefas cognitivas, de uma forma geral, a tarefa de Stroop não parece ser uma tarefa com demanda cognitiva suficiente para afetar desempenhos tanto de tarefas estáticas quanto de tarefas dinâmicas. Já o teste de contagem regressiva, representa uma tarefa com demanda cognitiva suficiente para influenciar a forma como as idosas e as adultas jovens respondem às tarefas motoras. Em geral, enquanto era realizada a tarefa de contagem regressiva as adultas jovens e idosas oscilaram mais que na condição sem tarefa cognitiva, enquanto que na tarefa dinâmica a estratégia foi de realizar uma tarefa mais cautelosa afastando mais o pé do obstáculo à medida que a tarefa cognitiva de contagem regressiva era realizada.

Com relação à intenção de testar a hipótese de que a tarefa cognitiva possa ser um fator determinante de queda, pode-se concluir que a realização de tarefas cognitivas não determina se o evento da queda ocorrerá ou não. Tal conclusão é possível em função de não ter sido encontradas diferenças suficientes entre os grupos de idosas caidoras e de idosas não-caidoras, que pudessem determinar a existência desse fator. Outros fatores, como por exemplo a falta de força muscular para compensar eventos em que a linha da gravidade ultrapassa os limites da base de apoio, foram sondados como possíveis fatores. Apesar disso, atenta-se para os achados do estudo em relação às maiores oscilações nos testes realizados; tal comportamento em idosas pressupõe uma maior chance de haver um evento de queda nesses indivíduos.

Podemos inferir que existem muitos treinamentos que podem ser realizados objetivando melhorar o controle postural. Em síntese, treinamento de força e treinamento de equilíbrio podem ser auxiliares no combate a ocorrência de quedas. Os profissionais da área da saúde devem estar atentos para os resultados desse e

de outros estudos e identificar a melhor forma de poder tratar o idoso que pode estar propenso à queda.

Por fim, sugerem-se novos estudos que possam fortalecer os achados do presente estudo, com o uso de variáveis qualitativas que possam se associar aos resultados das tarefas propostas. Também, recomendam-se estudos que possam verificar efeitos de programas de intervenção no desempenho dessas tarefas, como forma de identificar tratamentos que possam trazer efeitos benéficos para os idosos, na tentativa de diminuir o número de quedas nos idosos de nossa população.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Liliane Fonseca; CAMARGOS, Gleyce Valles; CORRÊA, Clynton Lourenço. Mudanças reorganizacionais nos córtices somatossensorial e motor em amputados: revisão de literatura. **Revista Neurociência**, v. 17, n. 2, p. 146-155, 2009.
- AL-YAHYA, E. *et al.* Cognitive motor interference while walking: a systematic review and meta-analysis. **Neuroscience Biobehavior Reviews**, v. 35, p. 715-728, jan., 2011.
- ANTERO-JACQUEMIN, Juliana da Silva *et al.* Comparação da função muscular isocinética dos membros inferiores entre idosos caídores e não caídores. **Fisioterapia e Pesquisa**, V. 19, n. 1, p. 39-44, 2012.
- ARANTES, Luciana *et al.* Caracterização dos parâmetros temporo-espaciais da marcha em idosas praticantes de diferentes modalidades de exercícios. **Revista Movimenta**, v. 2, n.1, p. 7-11, 2009.
- AVEIRO, Mariana Chaves *et al.* Mobilidade e risco de quedas de população idosa da comunidade de São Carlos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 9, p. 2481-2488, 2012
- BARRETT, Rod S.; MILLS, Peter M.; BEGG, Rezaul K. A systematic review of the effect of ageing and falls history on minimum foot clearance characteristics during level walking. **Gait & Posture**, v. 32, n. 4, p. 429-435, out. 2010.
- BROWN, Lesley A.; SHUMWAY-COOK, Anne; WOOLLACOTT, Marjorie Hines. Attentional demands and postural recovery: the effects of aging. **The journals of gerontology: Series A, Biological sciences and medical sciences**, v. 54, n. 4, p.165-171, 1999.
- COLLINS, James J. *et al.* Age-related changes in open-loop and closed-loop postural control mechanisms. **Experimental Brain Research**, v. 104, n. 3, p. 480-492, 1993.
- CUMMING, Robert G. *et al.* Prospective study of the impact of fear of falling on activities of daily living, SF-36 scores, and nursing home admission. **Journal of Gerontology**, v. 55, n. 5, 299–305, 2000.
- DALY, Robin M. *et al.* Effectiveness of dual-task functional power training for preventing falls in older people: study protocol for a cluster randomised controlled trial. **Trials**, v.16, n. 120., doi: 10.1186/s13063-015-0652-y, mar., 2015.
- DAULT, Mylene C. *et al.* J Postural control and cognitive task performance in healthy participants while balancing on different support-surface configurations **Gait & Posture**, v. 14, p. 248-255, 2001.

DUARTE, Marcos. **Análise estabilográfica da postura ereta humana quasi-estática**. 2000. 87 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Biodinâmica do Movimento do Corpo Humano, Escola de Educação Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

EBERSBACH, Georg; DIMITRIJEVIC, Milan R.; POEWE, Werner. Influence of concurrent tasks on gait: a dual-task approach. **Perceptual and Motor Skills**, v. 81, p. 107-113, 1995.

FERNIE Q. R. *et al.* Relationship of postural sway in standing to the incidence of falls in geriatric subjects. **Age and Ageing**, v. 1, p. 11-16, 1982.

FOLSTEIN, Marshal F.; FOLSTEIN, Susan E.; McHUGH, Paul R. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res* 1975; 12(3):189-98.

GAI, Juliana. Fatores associados a quedas em mulheres idosas residentes na comunidade. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 56 n. 3; p. 327-32, 2010.

GUADAGNIN, Eliane C. *et al.* Effects of regular exercise and dual tasking on spatial and temporal parameters of obstacle negotiation in elderly women. **Gait & Posture**, v. 42, p. 251-256, 2015.

GUERRAZ, Michel, *et al.* Influence of action and expectation on visual control of posture. *Cognitive Brain Research*, v. 11, n. 2, p. 259-266, 2000.

GUIMARÃES, Joanna Miguez Nery; FARINATTI, Paulo de Tarso Veras. Análise descritiva de variáveis teoricamente associadas ao risco de quedas em mulheres idosas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 5, p. 299-305, set./out., 2005.

GONÇALVES, Daniele de Faria Figueiredo; RICCI, Natália Aquaroni; COIMBRA Arlete Maria Valente. Equilíbrio funcional de idosos da comunidade: comparação em relação ao histórico de quedas, **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 13, n. 4, p.316-23, jul./ago., 2009

GUIMARÃES, Laiz Helena de Castro Toledo *et al.* Comparação da propensão de quedas entre idosos que praticam atividade física e idosos sedentários. **Revista de Neurociências**, v. 12, n. 2, p. 68-72, abr./jun., 2004.

HAGEMAN, Patricia A.; LEIBOWITZ, J. Michael; BLANKE, D. Age and gender effects on postural control measures. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 76, p.961-965, 1995.

HÄKKINEN, Keijo *et al.* Neuromuscular performance in voluntary bilateral and unilateral contraction and during electrical stimulation in men at different ages. **European Journal of Applied Physiology**, v. 70, p. 518-527, 1995.

HALLAL, Camilla Zamfolini. **Indicadores biomecânicos do risco de quedas em marcha com duplas tarefas e a influência do treinamento de equilíbrio com haste vibratória: diferenças entre idosos caídores e não caídores.**

programa de pós-graduação em desenvolvimento humano e tecnologias.

2013. 111 f. Tese (Doutorado) - Instituto De Biociências, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Humano e Tecnologias. Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Rio Claro, 2013.

HATTON, Anna L. *et al.* The effect of lower limb muscle fatigue on obstacle negotiation during walking in older adults. **Gait & Posture**, v. 37, p. 506-510, 2013.

HAUSDORFF, Jeffrey M *et al.* Increased gait unsteadiness in community-dwelling elderly fallers. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 78, n. 3, p. 278-283, 1997.

HAY, Laurette *et al.* Availability of visual and proprioceptive afferent messages and postural control in elderly adults. **Experimental Brain Research**, v. 108, p. 129-139, 1996.

HOLLMAN, John H *et al.* Age-related differences in spatiotemporal markers of gait stability during dual task walking. **Gait & Posture**, v. 26, n. 1, p. 113-119, jun., 2007.

HORAK, Fay B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? **Age and Ageing**, v. 35, n. 2, p. 7-11, set., 2006.

HORAK, Fay B.; SHUPERT, Charlotte L.; MIRKA, Alar. Components of postural dyscontrol in elderly: A review. **Neurobiology of Aging**, v. 10, n. 6, p. 727-738, 1989.

HORAK, Fay B.; MACPHERSON, Jane M. Postural orientation and equilibrium: exercise: regulation and integration of systems multiple. *In: Handybook of Physiology*. New York, 1996. p. 255-258

HUXHOLD, Olivier *et al.* Dual-tasking postural control: aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. **Brain Research Bulletin**, v. 69, p. 294-305, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perfil dos idosos responsáveis pelos domicílios no Brasil 2000**. Rio de Janeiro, 2002.

ISABLEAU, Brice *et al.* Selection spatial frame of reference and postural control variability. **Experimental Brain Research**, v. 14, n. 3, p. 584-589, 1997.

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

JAMET, Mallaury *et al.* Higher visual dependency increases balance control perturbation during cognitive task fulfilment in elderly people. **Neuroscience Letters**, v. 359, p. 61-64, 2004.

JÚNIOR, Paulo Freitas; BARELA, José Ângelo. 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.

KERR, Beth; CONDON, Sandra M.; McDONALD, Laura A. Cognitive spatial processing and the regulation of posture. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 11, n. 5, p. 617-622, 1985.

KIRKWOOD, R. N.; ARAÚJO, P. A.; DIAS, C. S. Biomecânica da marcha em idosos caídores e não caídores: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 14, n. 4, p. 103-110, 2006.

LACOUR, Michel; BERNARD-DEMANZE, Laurence; DUMITRESCU, Michel. Posture control, aging, and attention resources: models and posture-analysis methods. **Clinical Neurophysiology**, v. 38, p. 411-421, out., 2008.

LAJOIE, Yves *et al.* Attentional demands for static and dynamic equilibrium. **Experimental Brain Research**, v. 97, p. 139-144, 1993.

LAJOIE, Yves *et al.* Attentional demands for walking: age-related changes. *In*: Ferrandez AM, Teasdale N, editors. **Changes in sensory motor behavior in aging**. Amsterdam: Elsevier, 1996. p. 235-56.

LAUFER, Yocheved. Effect of cognitive demand during training on acquisition, retention and transfer of a postural skill. **Human Movement Science**, v. 27, p. 126-141, 2008.

LISTON, Matthew Bryan *et al.* Postural prioritization is differentially altered in healthy older compared to younger adults during visual and auditory coded spatial multitasking. **Gait & Posture**, v. 39, n. 1, p. 198-204, 2014.

LU, Tung Wu; CHEN, Hao Ling; CHEN, Shien-Chang. Comparisons of the lower limb kinematics between young and older adults when crossing obstacles of different heights. **Gait & Posture**, v. 23, n. 4, p. 471-479, jun., 2006.

LUNDIN-OLSSON, Lillemor; NYBERG, Lars; GUSTAFSON, Yngve. Stops walking when talking as a predictor of falls in elderly people. **Lancet**, v. 349, n 9052, p. 617, mar., 1997.

MAKI, Brian E. Gait changes in older adults: predictors of falls or indicators of fear. **Journal of the American Geriatric Society**, v. 45, n. 3, p. 313-320, 1997.

- MAKI, Brian E.; HOLLIDAY, Pamela J.; FERNIE, Geoff. R. Aging and postural control: A comparison of spontaneous- and induced-sway balance tests. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 38, p. 1-9, 1990.
- MAKI, Brian E.; MCLLROY, William E. Postural control in the older adult. **Clinics in Geriatric Medicine**, v. 12, n. 4, p. 635-58, 1996.
- MARSH, Anthony P.; GEEL, Stanley E. The effect of age on the attentional demands of postural control. **Gait & Posture**, v. 12, p. 105-113, 2000.
- MASUD, Tahir; MORRIS, Robert. Epidemiology of falls. **Age and Ageing** v. 3, n. 7, p. 30-34, 2001.
- MAYLOR, Elizabeth A.; WING, Alan M. Age differences in postural stability are increased by additional cognitive demands. **The journals of gerontology: Series B, Psychological sciences and social sciences**, v. 51, n. 3, p.143-154, 1996.
- MELZER, I.; BENJUYA, N.; KAPLANSKI J. Postural stability in the elderly: a comparison between fallers and non-fallers **Age and Ageing**, v. 33, 602–607, 2004.
- MERGNER, Thomas; HUBER, Wolfgang, BECKER, Wolfgang. Vestibular Neck interaction and transformation of sensory coordinates. **Journal of Vestibular Research**, v. 7, p.347-67, 1997.
- MESSIAS, Manuela Gomes; NEVES, Robson da Fonseca. A influência de fatores comportamentais e ambientais domésticos nas quedas em idosos. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 12, n. 2, p. 275-282, 2009.
- MOCHIDA, Ligia Yumi *et al.* Estudo dinamométrico da marcha de idosas ultrapassando obstáculos. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 23, n. 1, p.15-23, 2009.
- MOCHIZUKI, Luís; AMADIO, Alberto Carlos. Aspectos biomecânicos da postura ereta: a relação entre o centro de massa e o centro de força. **Revista Portuguesa de Ciência do Desporto**, v. 3, n.3, p.77-83, 2003.
- NARDONE, Antonio; GRASSO, Margherita; SCHIEPPATI, Marco. Balance control in peripheral neuropathy: are patients equally unstable under static and dynamic conditions? **Gait & Posture**, v. 23, n. 3, p. 364-376, abr., 2006.
- NASCIMENTO, Fernanda Alves; VARESCHI, Ana Paula; ALFIERI, Fábio Marcon. Prevalência de quedas, fatores associados e mobilidade funcional em idosos institucionalizados. **Arquivos Catarinenses de Medicina**, v. 37, n. 2, 2008
- NASHNER, Lewis M.; CORDO, Paul J. Relation of automatic postural responses and reaction-time voluntary movements of human leg muscles. **Experimental Brain Research**, v. 43, n.3-4, p. 395-405, 1981.

NASHNER, Lewis M. Fixed patterns of rapid postural responses among leg muscles during stance. **Experimental Brain Research**, v. 30, n.1, p. 13-24, 1977.

NEVITT, Michael C. *et al.* Risk factors for recurrent non-syncopal falls. A prospective study. **Journal of the American Medical Association**, v. 3, n. 8, p. 261-266, 1989.

NEWELL, Karl M. *et al.* Short-term non-stationarity and the development of postural control. **Gait & Posture**, v. 6, n. 1, p. 56-62, 1997.

OLIVEIRA, Denise Cristina de; YOSHITOME, Aparecida Yoshie. Prevalência e características das quedas de idosos institucionalizados. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 63, n. 6, 991-997, nov./dez., 2010.

OLIVIER, Isabelle *et al.* Age-related differences in cognitive and postural dual-task performance. **Gait & Posture**, v. 32, n. 4, p. 494-499, 2010.

OWSLEY, Cynthia. Contrast sensitivity. **Ophthalmology Clinics of North America**, v. 16, n. 2, p.171-177, 2003.

PALLUEL, Estelle; NOUGIER, Vincent; OLIVIER, Isabelle. Postural control and attentional demand during adolescence. **Brain Research**, v. 1358, p 151-159, out., 2010

PAULUS, Walter M.; STRAUBE, Andreas; BRANDT, Thomas. Visual stabilization of posture: physiological stimulus characteristics and clinical aspects. **Journal of Neurology**, v.107, n. 4, p. 1143-1163, dez.,1984.

PELLECCHIA, Geraldine L. Postural sway increases with attentional demands of concurrent cognitive task. **Gait & Posture**, v. 18, n. 1, p. 29-34, 2003.

PIJNAPPELS, Mirjam *et al.* Identification of elderly fallers by muscle strength measures. **European Journal of Applied Physiology**, v. 102, p. 585-559, 2008.

PIMENTEL, Iara; SCHEICHER, Marcos Eduardo. Comparação da mobilidade, força muscular e medo de cair em idosas caídas e não caídas. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, p. 251-257, 2013.

PLUMMER, Prudence *et al.* Cognitive-motor interference during functional mobility after stroke: state of the science and implications for future research. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 94, p. 2565-2574, 2013.

PLUMMER-D'AMATO, Prudence *et al.* Effects of gait and cognitive task difficulty on cognitive-motor interference in aging. **Journal of Aging Research** 8 pages, doi: 0.1155/2012/583894, 2012.

QU, Xingda; NUSSBAUM, Maury A. Effects of external loads on balance control during upright stance: Experimental results and model-based predictions. **Gait & Posture**, v. 29, n. 1, p. 23-30, 2009.

RIBEIRO, Adalgisa Peixoto *et al.* A influência das quedas na qualidade de vida de idosos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.13, n. 4, p. 1265-1273, 2008.

ROCHA, Emanuel Souza da *et al.* Gait asymmetry during dual-task obstacle crossing in the young and elderly. **Human Movement**, v. 14, n. 2, p.138-143, 2013.

RUBENSTEIN, Laurence Z.; JOSEPHSON, Karen R. Falls. In Kenny, R. A. **Syncope in the Older Patient**, Londres: Chapman and Hall, 1996.

SALKELD, Glenn, *et al.* Quality of life related to fear of falling and hip fracture in older women: a time trade off study. **British Medicine Journal**, n. 320, p. 341–345, 2000.

SHUMWAY-COOK, Anne *et al.* The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls. **Journal of Gerontology**, v. 52, n. 4, p. 232-40, jul., 1997.

SHUMWAY-COOK, Anne; WOOLLACOTT, Marjorie Hines. **Motor Control: theory and practical applications**. Maryland: Williams & Wilkins, 1995.

SKELTON, Dawn A.; KENNEDY, Jonathon; RUTHERFORD, Olga M. Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. **Age and Ageing**, v. 31, p.119-125, 2002.

SIQUEIRA, Fernando *et al.* Prevalência de quedas em idosos e fatores associados, **Revista de Saúde Pública**, v. 41, n. 5, p. 749-56, out., 2007.

SPEECHLEY, Mark, TINETTI, Mary Elizabeth. Falls and injuries in frail and vigorous community elderly persons. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 39, n. 1, p. 46-52, 1991.

SPIRDUSO, Waneen W. **Dimensões físicas do envelhecimento**. São Paulo: Manole, 2005.

STROOP, John Ridley. Studies of interference in serial verbal reactions. **Journal of Experimental Psychology**, v. 18, n. 6, p. 643–662, 1935.

SUNDERMIER, Lynne *et al.* Postural sensitivity to visual flow in aging adults with and without balance problems. **The journals of gerontology: Series A, Biological sciences and medical sciences**, v. 51, n. 2, p. 45-53, 1996.

TAYLOR, Morag E. *et al.* Gait parameter risk factors for falls under simple and dual task conditions in cognitively impaired older people. **Gait & Posture**, v. 37, n. 1, p. 126-130, jan., 2013.

TEASDALE, Normand *et al.* On the cognitive penetrability of posture control **Experimental Aging Research**, 19, n. 1, p. 1-13, jan./mar., 1993.

- TEASDALE, Normand *et al.* Age differences in visual sensory integration. **Experimental Brain Research**, v. 85, n. 3, p. 691-696, 1991.
- TINETTI, Mary Elizabeth; SPEECHLEY, Mark. Prevention of falls among the elderly. **The New England Journal of Medicine**, n. 320, p.1055–1059 1989.
- TINETTI, Mary Elizabeth; SPEECHLEY, Mark; GINTER, Sandra. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. **The New England Journal of Medicine**, v. 319, n. 26, p. 1701-1707, Dezembro, 1988.
- VANDERVOORT, Anthony A. *et al.* Age and Sex Effects on mobility of human ankle. **Journal of gerontology**, v. 47, n. 1, p. 17-21, jan., 1992.
- VELLAS, Bruno J *et al.* Fear of falling and restriction of mobility in elderly fallers. **Age and Ageing**, n. 26; p. 189-193, 1997.
- WADE, Michael *et al.* Optical flow, spatial orientation, and the control of posture in the elderly. **The journals of gerontology**. Series B, Psychological sciences and social sciences, v. 50, n. 1, p. 51-58, 1995.
- WOOLLACOTT, Marjorie Hines; SHUMWAY-COOK, Anne. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. **Gait & Posture**, v. 16, n. 1, p.1-14. 2002.
- WORDEN, Timothy A.; VALLIS, Lori Ann. Stability control during the performance of a simultaneous obstacle avoidance and auditory Stroop task. **Experimental Brain Research**. DOI 10.1007/s00221-015-4461-z, out., 2015.
- YU, Po-Lung *et al.* Prevalence and related factors of falls among the elderly in an urban community of Beijing. **Biomedical Environment Science**, v. 22, n. 3, p. 179-87, Jun, 2009.

ANEXOS

ANEXO 1 – MINI-EXAME DO ESTADO MENTAL

MINI-EXAME DO ESTADO MENTAL

(Folstein, Folstein & McHugh, 1.975)

Paciente: _____

Data da Avaliação: ____/____/____ Avaliador: _____

ORIENTAÇÃO

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

MEMÓRIA IMEDIATA

- Fale 3 palavras não relacionadas. Posteriormente pergunte ao paciente pelas 3 palavras. Dê 1 ponto para cada resposta correta()
Depois repita as palavras e certifique-se de que o paciente as aprendeu, pois mais adiante você irá perguntá-las novamente.

ATENÇÃO E CÁLCULO

- (100 - 7) sucessivos, 5 vezes sucessivamente (1 ponto para cada cálculo correto)()
(alternativamente, soletrar MUNDO de trás para frente)

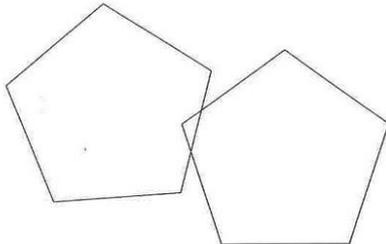
EVOCAÇÃO

- Pergunte pelas 3 palavras ditas anteriormente (1 ponto por palavra)()

LINGUAGEM

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

ESCORE: (____/30)



APÊNDICES

APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do estudo: Efeitos de tarefas cognitivas e treinamento no controle postural de adultos jovens e idosos caidores e não-caidores

Pesquisadores responsáveis: Carlos Bolli Mota e Gabriel Ivan Pranke

Instituição/Departamento: Departamento de Métodos e Técnicas Desportivas

Telefone e endereço postal completo: (55) 3220-8271. Av. Roraima, nº 1000 - Prédio 51, Laboratório de Biomecânica – Camobi, Campus Universitário - Km 9.

Local da coleta de dados: Laboratório de Biomecânica

Eu, Gabriel Ivan Pranke, responsável pela pesquisa “Efeitos de tarefas cognitivas e treinamento no controle postural de adultos jovens e idosos caidores e não-caidores”, o convidamos a participar como voluntário deste nosso estudo. Declaro que cumprimos todas as exigências propostas pela resolução 466/2012 do Conselho Nacional da Saúde na elaboração deste Termo de Consentimento.

Esta pesquisa pretende comparar o desempenho de tarefas de controle postural isoladas com o desempenho de tarefas de controle postural realizadas simultaneamente com tarefas cognitivas em adultos jovens e idosos caidores e não-caidores e quantificar o efeito de dois tipos de treinamento no controle postural em idosos. Acreditamos que ela seja importante porque a realização de duas tarefas ao mesmo tempo é comum no dia-a-dia e o desempenho das duas tarefas pode diminuir. Isso é mais importante nos idosos, pois o processo de envelhecimento pode diminuir estas capacidades e resultar em quedas. Estas quedas podem ter grande repercussão na vida do idoso, sendo importante conhecer a influência das tarefas simultâneas na nossa capacidade de se manter em equilíbrio. Para sua realização será avaliado o equilíbrio e o desempenho de testes cognitivos ao mesmo tempo ou separados com os testes de equilíbrio. Sua participação constará de preenchimento de questionários, realização de testes de equilíbrio isolados ou junto com testes cognitivos, como por exemplo, contar para trás. Sendo você um participante idoso, será ainda sorteado para um desses grupos: a) somente treinamento cognitivo; b) treinamento cognitivo associado a treinamento de equilíbrio; c) grupo sem treinamento.

Os riscos decorrentes de sua participação na pesquisa estão relacionados à probabilidade de ocorrência de quedas durante as avaliações e treinamento, visto que

Comitê de Ética em Pesquisa da UFSM: Av. Roraima, 1000 - 97105-900 - Santa Maria - RS - 2º andar do prédio da Reitoria. Telefone: (55) 3220-9362 - E-mail: cep.ufsm@gmail.com.

algumas das atividades propostas podem oferecer uma dificuldade relativamente alta para manutenção do equilíbrio. Porém, os avaliadores são preparados para isto e, no caso de ocorrer uma situação de queda, sempre haverá dois avaliadores que lhe ajudarão a manter-se em equilíbrio, evitando a queda, diminuindo o risco de sua ocorrência. Ao responder aos questionários você poderá sentir algum tipo de constrangimento por não entender a alguma questão ou mesmo por não saber respondê-las. Além disso, poderá gerar cansaço devido ao número de questões que terá que responder e as tarefas que terá que realizar. Caso isso ocorra, daremos todo o auxílio que você necessitar para conseguir realizar essas atividades. Poderemos interromper se necessário até que você se sinta seguro das suas respostas e disposto a prosseguir, ou mesmo poderemos agendar uma nova data para continuarmos, se assim preferir. Exceto estes riscos, não há qualquer outro risco ou desconforto da sua participação no estudo.

Os benefícios de sua participação nesse estudo são: a contribuição para o entendimento do funcionamento do sistema de controle postural, responsável pela manutenção do equilíbrio; encontrar soluções para problemas de saúde relacionados à ocorrência de quedas que acontece principalmente nos idosos; benefícios relacionados ao efeito do treinamento proposto, caso você seja sorteado para um dos grupos que realizarão treinamento.

Durante todo o período da pesquisa você terá a possibilidade de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento. Para isso, entre em contato com algum dos pesquisadores ou com o Conselho de Ética em Pesquisa.

Em caso de algum problema relacionado com a pesquisa, você terá direito à assistência gratuita que será prestada pelos membros do Laboratório de Biomecânica e/ou responsáveis da pesquisa que se constituirá de, caso necessário, deslocamentos para qualquer lugar da cidade de Santa Maria acompanhado por algum membro.

Você tem garantida a possibilidade de não aceitar participar ou de retirar sua permissão a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo pela sua decisão.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e poderão ser divulgadas, apenas, em eventos ou publicações, sem a identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação. Também serão utilizadas imagens.

Os gastos necessários para a sua participação na pesquisa serão assumidos

Comitê de Ética em Pesquisa da UFSM: Av. Roraima, 1000 - 97105-900 - Santa Maria - RS -
2º andar do prédio da Reitoria. Telefone: (55) 3220-9362 - E-mail: cep.ufsm@gmail.com.

pelos pesquisadores. Fica, também, garantida indenização em casos de danos comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa.

Autorização

Eu, _____, após a leitura ou a escuta da leitura deste documento e ter tido a oportunidade de conversar com o pesquisador responsável, para esclarecer todas as minhas dúvidas, estou suficientemente informado, ficando claro para que minha participação é voluntária e que posso retirar este consentimento a qualquer momento sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos aos quais serei submetido, dos possíveis danos ou riscos deles provenientes e da garantia de confidencialidade, bem como de esclarecimentos sempre que desejar. Diante do exposto e de espontânea vontade, declaro que recebi uma cópia deste termo de consentimento, li e concordo em participar da pesquisa.

Assinatura do voluntário

Assinatura do responsável pela obtenção do TCLE

Santa Maria, ____ de _____ de _____

APÊNDICE 2 - ANAMNESE

Nome: _____

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

Massa corporal: _____ kg Estatura: _____ m

Você já teve quedas? (___) SIM (___) NÃO

Se sim, nos dois últimos anos? (___) SIM (___) NÃO

Possui problemas osteomioarticulares? Quais?

Possui dor lombar? (___) SIM (___) NÃO

Tem tontura ou problemas de origem vestibular? (___) SIM (___) NÃO

Tem hipertensão ou diabetes (___) SIM (___) NÃO

Tem algum tipo de deficiência física ou mental? (___) SIM (___) NÃO

Você está engajado ou participou nos últimos três meses de algum treinamento físico periodizado? (___) SIM (___) NÃO

Leia em voz alta a frase abaixo:

“EM CIMA DO MURO SE ENCONTRAVA UM PÁSSARO AZUL.”

Resolva estas operações:

$$17 + 10 = \underline{\quad}$$

$$12 - 3 = \underline{\quad}$$

$$14 + 20 - 5 = \underline{\quad}$$

$$35 - 3 - 10 = \underline{\quad}$$

$$12 + 4 - 8 + 5 = \underline{\quad}$$

$$16 - 9 + 20 - 6 = \underline{\quad}$$