

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO
EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**EFEITO DA CAMINHADA PROLONGADA SOBRE A
CINEMÁTICA DA MARCHA DE IDOSOS ATIVOS E
SEDENTÁRIOS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Emmanuel Souza da Rocha

Santa Maria, RS, Brasil

2016

EFEITO DA CAMINHADA PROLONGADA SOBRE A CINEMÁTICA DA MARCHA DE IDOSOS ATIVOS E SEDENTÁRIOS

Emmanuel Souza da Rocha

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Área de Concentração em Aspectos Biológicos e Comportamentais da Educação Física e da Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Educação Física.**

Orientador: Prof. Dr. Felipe Pivetta Carpes

Santa Maria, RS, Brasil

2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Souza da Rocha, Emmanuel
EFEITO DA CAMINHADA PROLONGADA SOBRE A CINEMÁTICA DA
MARCHA DE IDOSOS ATIVOS E SEDENTÁRIOS / Emmanuel Souza
da Rocha.-2016.
72 f.; 30cm

Orientador: Felipe Pivetta Carpes
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Educação Física e desportos, Programa de
Pós-Graduação em Educação Física, RS, 2016

1. marcha na esteira 2. marcha assimétrica 3. fadiga
4. risco de quedas 5. envelhecimento I. Pivetta Carpes,
Felipe II. Título.

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Emmanuel Souza da Rocha. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Laboratório de Neuromecânica, Sala 511. Universidade Federal do Pampa. BR 472 - Km 592 - Caixa Postal 118 - Uruguaiiana - RS - CEP: 97508-000; E-mail: emmarocha@gmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Educação Física e Desportos
Programa de Pós-Graduação em Educação Física**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**EFEITO DA CAMINHADA PROLONGADA SOBRE A CINEMÁTICA DA
MARCHA DE IDOSOS ATIVOS E SEDENTÁRIOS**

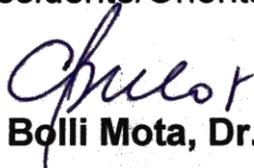
elaborada por
Emmanuel Souza da Rocha

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Educação Física

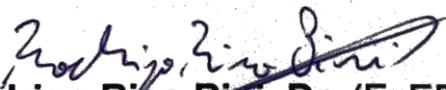
COMISSÃO EXAMINADORA:



Felipe Pivetta Carpes, Dr.
(Presidente/Orientador)



Carlos Bolli Mota, Dr. (UFSM)



Rodrigo Rico Bini, Dr. (EsEFEx)

Santa Maria, 25 de fevereiro de 2016.

À minha esposa, Denise, pelo apoio incondicional em todos os momentos, principalmente nas madrugadas de estudos e leituras. Sem você nada valeria a pena.

Aos meus pais, Jefferson e Kátia, que me apresentaram a importância da família na construção do caminho com honestidade e persistência.

AGRADECIMENTOS

Começo este texto agradecendo à minha esposa Denise Bratz da Rocha pela ajuda e apoio em todos os momentos da construção e execução deste projeto, me dando coragem e inspiração para seguir em frente. À minha família pelo apoio e compreensão durante todo o curso e por sempre me instigar à verdadeira ciência.

Gostaria de agradecer ao Professor Felipe Carpes pela confiança, incentivo e orientação desde a graduação até agora. Professor e cientista que me espelho e levo como exemplo de profissional e líder.

Obrigado, também aos professores Carlos Bolli Mota e Rodrigo Rico Bini pelas contribuições na qualificação do projeto e pelas orientações acadêmicas durante toda essa minha caminhada. Ao professor Maarten Bobbert e ao professor Jacques Duysens pelas sugestões, auxílios e dicas em todas as fases da pesquisa, principalmente na análise e discussão de resultados. Finalmente, obrigado a todos meus professores do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Maria pelas dicas e orientações prestadas.

Agradeço aos meus colegas do curso pela parceria durante o mestrado e por compartilharem seus conhecimentos comigo. Também aos meus colegas do Grupo de Pesquisa em Neuromecânica Aplicada pelo apoio, ajuda e compreensão durante todo este tempo que estivemos juntos. Especialmente ao colega Marcos Kunzler pela parceria durante todo o projeto, nas coletas, nas discussões e na resolução dos problemas, obrigado amigo pelo empenho e dedicação.

Obrigado à Universidade Federal do Pampa pela estrutura e equipamentos disponibilizados. À Fundação de Amparo a Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela bolsa de mestrado durante estes anos de curso. À Sociedade Internacional de Biomecânica e à Sociedade Brasileira de Biomecânica pelos auxílios que me permitiram participar dos principais eventos científicos da área nestes últimos dois anos.

“All truly great thoughts are conceived while walking.”

Friedrich Nietzsche

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Educação Física
Universidade Federal de Santa Maria

EFEITO DA CAMINHADA PROLONGADA SOBRE A CINEMÁTICA DA MARCHA DE IDOSOS ATIVOS E SEDENTÁRIOS

AUTOR: EMMANUEL SOUZA DA ROCHA

ORIENTADOR: FELIPE PIVETTA CARPES

Data e Local da defesa: Santa Maria, 25 de Fevereiro de 2016.

Com o aumento da expectativa de vida e do número de pessoas idosas no mundo, é cada vez maior o interesse em buscar estratégias para melhorar a qualidade de vida dessa população, o que envolve reduzir o risco de quedas. Muitas das atividades que visam reduzir as quedas em idosos são realizadas em condições que de fato oferecem riscos de quedas. Uma das intervenções mais discutidas e recomendadas para prevenção de quedas nos idosos é o exercício físico. O exercício de caminhada é o mais procurado pela população idosa como uma estratégia para cuidar da saúde, geralmente em sessões de pelo menos 30 min de duração. Entretanto, o exercício prolongado leva a situações de fadiga e cansaço no idoso. Essa situação pode levar ao aumento da variabilidade da marcha, o que por sua vez aumenta o risco de quedas. Apesar destes efeitos agudos, a prática de exercícios em longo prazo pode reduzir a variabilidade da marcha, corroborando a um menor risco de queda em idoso. Mas uma única sessão de exercício prolongado tem o mesmo efeito, ou poderia levar a um aumento agudo da variabilidade e, portanto, levar a um aumento no risco de quedas? Poderia qualquer efeito agudo ser diferente entre idosos sedentários e idosos fisicamente ativos? O objetivo deste estudo é determinar o efeito agudo de uma sessão de caminhada prolongada de 30 min em esteira sobre a cinemática da marcha de idosos. Para responder essas questões, selecionamos 30 idosos, por conveniência, que foram separados em sedentários (n=15) ou fisicamente ativos (n=15). Comprimento e cadência do passo e passada, largura do passo e suas variabilidades foram determinadas bilateralmente por cinemetria, e comparadas entre grupos considerando dados de ambas pernas em três diferentes momentos da sessão de caminhada, em velocidade preferida. Encontramos maior comprimento de passo e passada em idosos ativos, com variabilidade similar entre os grupos. Assimetrias não foram observadas para nenhum grupo. Embora a cinemática da marcha em esteira diferencie idosos fisicamente ativos de idosos sedentários, 30 minutos de caminhada em velocidade preferida parece não adicionar risco adicional de quedas como representado pela variabilidade da cinemática do passo e da passada.

Palavras-chave: marcha na esteira, marcha assimétrica, fadiga, risco de quedas.

ABSTRACT

Master's Thesis
Graduate Program in Physical Education
Federal University of Santa Maria

EFFECT OF PROLONGED WALKING ON KINEMATIC OF GAIT IN PHYSICALLY ACTIVE AND SEDENTARY ELDERLY

AUTHOR: EMMANUEL SOUZA DA ROCHA

SUPERVISOR: FELIPE PIVETTA CARPES

Date and place of presentation: Santa Maria, February 25th, 2016.

With the increase in life expectancy and the number of elderly in the world, interest in strategies to improve the quality of life of population is growing and involves reduction in risk of falls. Most of activities aiming at fall prevention in the elderly are performed in conditions that in fact may increase risk of falls. One of the most discussed and recommended interventions to reduce risk of fall is the physical exercise. Walking is the preferred exercise among elderly aiming at improving quality of life, in sessions usually lasting at least 30 minutes. Long-term exercise reduces gait variability, which contributes to reduce fall risk in the elderly. However, prolonged exercise may lead elderly to fatigue and tiredness conditions, which may increase gait variability, and therefore risk of fall. But does a single session of prolonged exercise lead to acute increases in gait variability increasing risk of falling? Could any acute effect of exercise differ sedentary and physically active elderly? The aim of this study is to determine the effect of the physical activity level of the elderly on the gait kinematics during a 30 min treadmill walking. To answer these questions, sedentary (n=15) and physically active community dwelling elderly (n=15) were assessed. Bilateral stride and step length, stride and step cadence, step width and its respective variabilities were compared between the groups considering kinematics data from both the legs at three distinct moments of the 30 min walking session, performed at preferred gait speed. We found larger step and stride length in the active elderly, and similar variability in the groups. Asymmetries were not observed. In conclusion, despite of differences in the kinematics of sedentary and physically active elderly, 30 minutes of walking at preferred gait speed seemed to not increase risk of falling as depicted by variability in the step and stride kinematics.

Keywords: treadmill walking; gait asymmetry; fatigue; fall risk.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Consequências das quedas em idosos, conforme descrito em TERROSO et al. (2014).	19
Figura 2 - Alterações cinemáticas devido ao envelhecimento, conforme ABOUTORABI et al. (2015); DEVITA; HORTOBAGYI (2000); HOLLMAN et al. (2011). ADM: amplitude de movimento.	20
Figura 3 - Fluxograma da relação entre envelhecimento, exercício físico e fadiga. ...	24
Figura 4 - Fluxograma do delineamento experimental.	30
Figura 5 - Ilustração dos marcadores reflexivos fixados em pontos anatômicos de referência. Na esquerda a foto com vista anterior; e na direita com vista posterior. .	34
Figura 6 - Posição dos marcadores na esteira. Setas indicam os 3 marcadores utilizados para coletar as informações cinemáticas da posição espacial da esteira.	36
Figura 7 – Detalhamento do processo de aquisição e análise dos dados.....	39
Figura 8 – Momento em que os dados de frequência cardíaca eram adquiridos durante o protocolo de caminhada prolongada.	40
Figura 9 - <i>Active wand</i> , aparato para calibração do sistema de cinemetria. A esquerda o <i>wand</i> desligado e a direita ele ligado com os pontos de referências para as câmeras.....	42
Figura 10 - Localização das câmeras infravermelho, organizadas de forma que cada ponto de referência era visível para pelo menos 2 câmeras por vez em todo o ambiente de coleta.	42
Figura 11 - Marcador utilizado para as avaliações. Diâmetro de 14 mm.....	43
Figura 12 - O laboratório de experimentos.	43
Figura 13 - Comprimento e cadência de passo e passada. (A) Comprimento do passo e passada, (B) Cadência do passo e passada. Dados expressos como média (barras) e desvio padrão (linhas). Em A, as barras brancas representam o grupo sedentário e as barras cinzas representam o grupo ativo. Em B, as barras representam os momentos (1, 10, 20 e 30 min, respectivamente da barra clara para a escura). *indica diferença entre os grupos; † indica diferença entre os diferentes momentos.....	47
Figura 14 - Variabilidade do comprimento de passada (no topo) e comprimento do passo (na base) durante a sessão de caminhada. Dados de ambos os grupos	

(sedentários e ativos) e pernas (preferida e não preferida). Todos dados são expressados considerando o valor de amplitude entre mínimo para o máximo (boxes) e desvio padrão (linhas). + indica a média e a linha dentro da barra indica a mediana; † indica diferença entre os momentos.50

Figura 15 - Variabilidade da largura do passo em diferentes momentos no grupo de idosos fisicamente ativos (esquerda) e idosos sedentário (direita). Dados foram apresentados como valores mínimos e máximos (barras) e desvio padrão (linhas). + indica a media e a linha dentro da barra indica a mediana; * indica diferença entre os grupos.51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos participantes de cada grupo. Dados descritos em média e desvio padrão. M: masculino, F: feminino.	31
Tabela 2 - Nomenclatura dos marcadores anatômicos.	35
Tabela 3 - Valores de F e p para as variáveis cinemáticas de passo e passada em sedentários e fisicamente ativos, considerando ambas pernas e os diferentes tempos de caminhada. *indica efeito ($p < 0,05$).	48

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Questionário Internacional de Atividade Física	64
ANEXO B. Inventário de Waterloo.....	67

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	69
APÊNDICE B. Ficha de Anamnese	72

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	16
1 INTRODUÇÃO	18
1.1 Natureza do problema	18
1.2 Fundamentação teórica	21
1.3 Delimitação do tema e justificativa	25
2 OBJETIVOS.....	28
2.1 Objetivo geral	28
2.2 Objetivos específicos	28
3 MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1 Participantes e desenho experimental	31
3.2 Critérios de inclusão e exclusão.....	31
3.3 Instrumentos de coleta de dados	32
3.4 Procedimentos para a coleta de dados.....	33
3.5 Avaliação do nível de atividade física	36
3.6 Protocolo de caminhada de 30 minutos	37
3.7 Avaliação cinemática da marcha.....	38
3.8 Índice de gasto fisiológico	40
3.9 Variáveis cinemáticas	41
3.10 Aspectos técnicos	41
3.11 Processamento e análise estatística dos dados	44
3.12 Aspectos éticos	44
4. RESULTADOS	46
4.1 Variáveis cinemáticas.....	46
4.2 Variabilidade da marcha.....	49
5 DISCUSSÃO	52
6 CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS.....	56
ANEXOS	63
APÊNDICES.....	68

APRESENTAÇÃO

Esta pesquisa deu sequência aos trabalhos desenvolvidos nos últimos 6 anos no Laboratório de Neuromecânica da Universidade Federal do Pampa, junto ao Grupo de Pesquisa em Neuromecânica Aplicada, no qual fui bolsista de iniciação científica durante minha graduação. Neste texto inicial, apresentaremos as principais motivações que nos levaram a realização do presente estudo.

A manutenção da qualidade de vida dos idosos nos motiva a pensar em estratégias que possam ser empregadas por profissionais das áreas da educação física e fisioterapia, entre outras, relacionadas com a geriatria e gerontologia. Nos estudos que realizamos até aqui focamos nosso interesse na manutenção da mobilidade dos idosos, de modo que a independência do idoso possa ser preservada. Isso porque sabemos que a qualidade de vida do idoso está relacionada com a capacidade de locomoção independente.

Em estudos anteriores, abordamos os padrões cinemáticos da marcha de idosos em condições com obstáculos considerando diferentes níveis de atividade física (DA ROCHA et al., 2013; GUADAGNIN et al., 2015) ou imediatamente após a realização de exercício físico (KUNZLER et al., submetido). Nestes estudos, observamos que o nível de atividade física diferencia a performance dos idosos em algumas tarefas de locomoção, o que corrobora o efeito positivo do exercício crônico sobre o desempenho da marcha no idoso. Sabemos que o exercício físico traz respostas crônicas que resultam em diversos benefícios ao idoso, mas os seus efeitos agudos são poucos conhecidos. Um dos efeitos agudos do exercício pode ser a fadiga muscular, e esse processo é relacionado com um aumento no risco de quedas.

A ocorrência de uma queda diminui a mobilidade, assim como a qualidade e expectativa de vida do idoso. Entre os desfechos possíveis, a queda pode acarretar internação hospitalar devido a fraturas ósseas, como por exemplo fratura do colo do fêmur. Nesse caso, o tempo de imobilização e a mobilidade reduzida durante a recuperação acarretarão perda de massa muscular, resultando em perda de força e

potência muscular. Essas alterações aumentam o risco de uma nova queda, o que de fato faz com que o idoso ingresse em um círculo vicioso, deixando-o cada vez mais susceptível a quedas. Esse círculo vicioso faz com que o idoso perca sua independência, e todo esse processo diminui a expectativa de vida.

As intervenções terapêuticas que parecem surtir mais efeito para diminuir o risco de queda nos idosos são aquelas formadas por grupos multiprofissionais e desenvolvidas de forma lúdica. Entretanto, são poucos os idosos que, no Brasil, têm acesso a esse tipo de programa de intervenção. Portanto, muitos optam por buscar melhora da saúde realizando exercícios de caminhada, muitas vezes sozinhos. Alternativamente, é comum que o idoso pratique o exercício de caminhada em esteiras nas academias de ginástica ou até mesmo em casa.

Comumente, médicos e professores de educação física em geral recomendam pelo menos cinco sessões de exercício, com pelo menos 30 minutos de duração, desenvolvidas ao longo da semana, como uma estratégia efetiva para melhora da condição física no idoso. O Colégio Americano de Medicina do Esporte sugere que para um indivíduo ser considerado como fisicamente ativo, deveria somar ao menos 150 minutos de atividades semanais. Tais sessões podem alterar padrões de marcha que reflitam maior risco de quedas em idosos. Cronicamente, as adaptações podem resultar em ganhos de força, amplitudes de movimento e velocidade, o que é bom para garantia da marcha independente. Contudo, se observarmos uma única sessão de exercício, as adaptações agudas poderiam ser diferentes daquelas observadas em longo prazo? Ainda, qualquer efeito agudo poderia ser diferente entre idosos sedentários e idosos fisicamente ativos?

Sendo assim, o objetivo deste estudo é determinar o efeito de uma sessão prolongada de caminhada sobre a cinemática da marcha em idosos sedentários e fisicamente ativos. Nos próximos capítulos apresentaremos o tema ao leitor, o estado da arte nesta temática, explicitaremos nossos protocolos experimentais, mostraremos nossos resultados e discutiremos as implicações dos resultados considerando a literatura atual e a atuação profissional com idosos.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Natureza do problema

A população idosa está aumentando em todo o mundo. Segundo um levantamento das Nações Unidas feito em 2009, o número de pessoas idosas pode corresponder a até 22% da população mundial em 2025 (ONU, 2009). Esse comportamento é visto também no Brasil. Da antiga parcela de 4,8% da população observada em 1991, o número de idosos chegou a 5,9% em 2000 e 7,4% em 2010, podendo chegar a 15% em 2025 (BRASIL, 2009; IBGE, 2012). Tal fato justifica o desenvolvimento de estratégias para promoção de um estilo de vida ativo nos idosos, favorecendo intervenções precoces que ajudem na manutenção da mobilidade funcional e qualidade de vida (DIEHR et al., 2013). O simples ato de se locomover independentemente é muito importante para a mobilidade do idoso e para sua qualidade de vida (FRIEDMAN, 2008; MOCHIDA et al., 2009).

Um dos desafios para os cientistas que investigam a mobilidade em idosos é a redução no risco e no número de quedas, que possuem efeitos danosos sobre a qualidade de vida do idoso. Essa tarefa é desafiadora porque as quedas têm origens diversas, como ilustramos na Figura 1. As quedas afetam negativamente a mobilidade funcional em idosos (PEREIRA; ANJOS, 2010). Em 2011, pelo menos 27,6% dos idosos no Brasil já haviam sofrido ao menos uma queda, e destes, 11% relatavam pelo menos uma fratura como resultado do evento (SIQUEIRA et al., 2011). Estima-se que, em 2050, aproximadamente uma em cada três pessoas com 65 anos ou mais sofrerá ao menos uma queda ao ano, e metade destas resultará em lesões (ANTES et al., 2013).

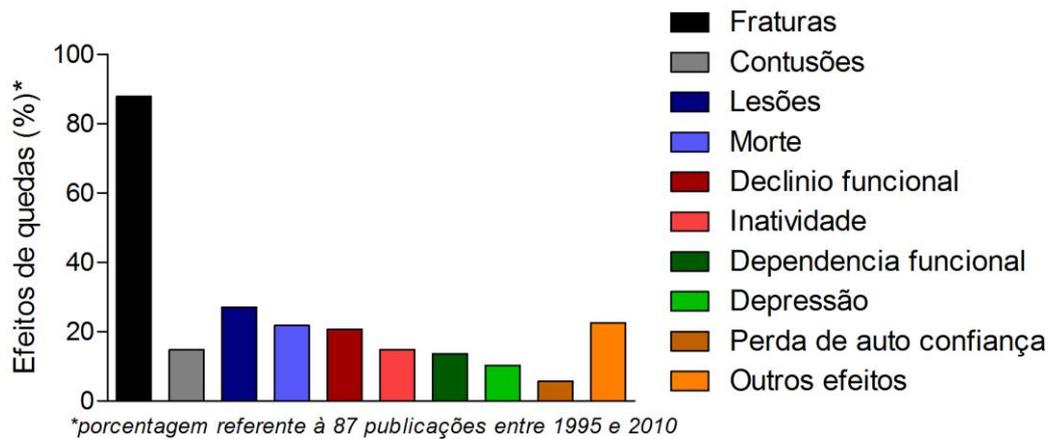


Figura 1 - Consequências das quedas em idosos, conforme descrito em TERROSO et al. (2014).

A habilidade de locomoção é muito importante para todo o ser humano, independente da idade. É por meio da marcha que o idoso realizará suas atividades de vida diária e realizará suas interações com a sociedade. Há tempo se sabe que uma velocidade de marcha mais lenta prejudica a independência das atividades de vida diária em idosos (POTTER; EVANS; DUNCAN, 1995). Contudo, existe uma série de alterações cinemáticas na marcha em resposta ao envelhecimento normal (veja um resumo na Figura 2), dos quais destacamos a diminuição da largura e do comprimento do passo e passada (CHONG et al., 2009; HOLLMAN et al., 2007; REELICK et al., 2009; SCHULZ; ASHTON-MILLER; ALEXANDER, 2008; WATELAIN et al., 2000), aumento do tempo de apoio, maior variabilidade de marcha, diminuição da simetria de marcha, e diminuição da velocidade da marcha (ABOUTORABI et al., 2015; HOLLMAN; MCDADE; PETERSEN, 2011). A cadência de marcha não apresenta um padrão específico ao avançar da idade (ABOUTORABI et al., 2015), uma vez que pode aumentar (DEVITA; HORTOBAGYI, 2000) ou diminuir (PERSCH et al., 2009) com a idade.

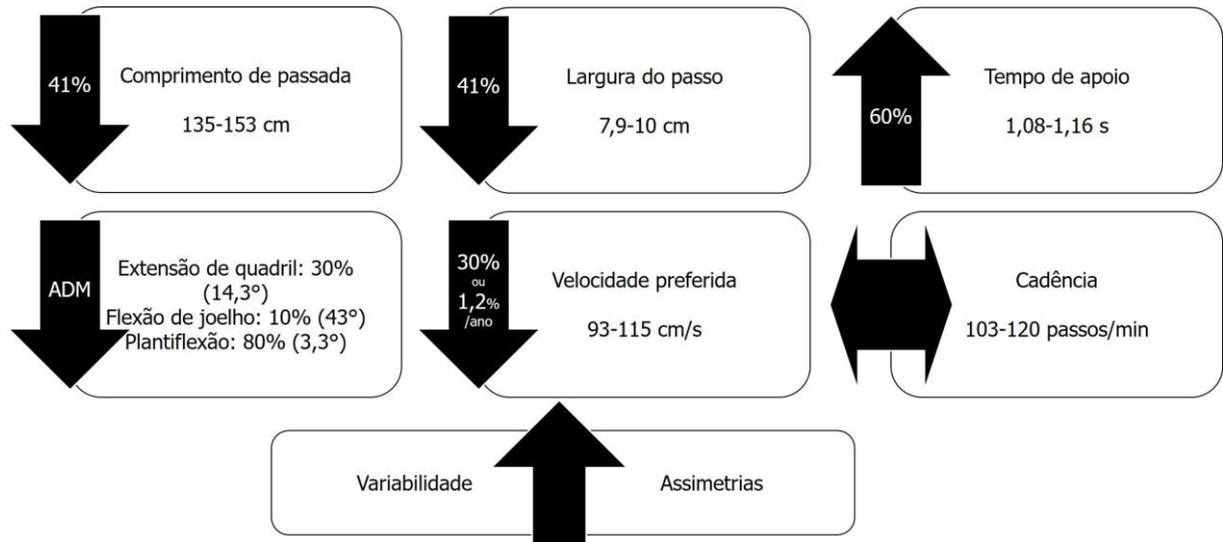


Figura 2 - Alterações cinemáticas devido ao envelhecimento, conforme ABOUTORABI et al. (2015); DEVITA; HORTOBAGYI (2000); HOLLMAN et al. (2011). ADM: amplitude de movimento.

Todas estas adaptações na locomoção dos idosos são sensíveis ao envolvimento com o exercício físico. Por outro lado, a inatividade física ainda é muito comum em idosos. Essa inatividade física é associada às alterações sistêmicas resultantes do processo de envelhecimento, acarretando sarcopenia e com isso a redução da força muscular (MALAFARINA et al., 2012). Existem várias modalidades de exercício físico que são praticados por idosos, principalmente buscando melhorar a qualidade de vida e a saúde (KUNZLER et al., 2014). A literatura vem utilizando o exercício físico como uma forma de minimizar efeitos deletérios do envelhecimento (CHODZKO-ZAJKO et al., 2009). Entretanto, o exercício físico agudo leva à fadiga muscular, que por sua vez leva a redução da velocidade da marcha, do comprimento do passo e do controle mediolateral do quadril em idosos (KO; HAUSDORFF; FERRUCCI, 2010b). Sendo assim, os efeitos crônicos e agudos do exercício poderiam diferir, e essas diferenças podem acarretar adaptações agudas que podem aumentar o risco de quedas, conforme avaliado por variáveis cinemáticas da marcha. Neste sentido é importante conhecer quais são os efeitos do exercício de forma aguda para melhorar a qualidade de vida dessa população.

1.2 Fundamentação teórica

O processo natural de envelhecimento acarreta adaptações e mudanças no padrão da marcha (veja mais detalhes na Figura 2) (NIGG; SKLERYK, 1988). As principais mudanças ocorridas durante a marcha independente de idosos estão ligadas à redução do comprimento do passo e velocidade de caminhada (CHONG et al., 2009; JUDGE; DAVIS; OUNPUU, 1995; REELICK et al., 2009), perda do balanço normal dos braços (EKE-OKORO; GREGORIC; LARSSON, 1997) e diminuição da rotação pélvica (ISHIGAKI et al., 2011).

Em um estudo recente (OJAGBEMI et al., 2015), foi avaliada a relação entre a velocidade da marcha e o declínio cognitivo de 1042 idosos ao longo de 2 anos. Naqueles idosos, a diminuição da velocidade de marcha esteve associada com declínios cognitivos ao longo dos dois anos. Assim, a velocidade da marcha parece ser capaz de prever déficits cognitivos em idosos. Considerando a velocidade de caminhada de 43 idosos ativos com idade média de 72,1 anos (D'ALIESIO et al., 2014) foi observado que o sexo masculino, hipertensão arterial e melhor saúde mental são associados com maior velocidade de marcha, ao passo que histórico de quedas no último ano, maior idade e maior índice de massa corporal foram associadas a menor velocidade de marcha.

Essas alterações no padrão natural da marcha são afetadas muitas vezes pela apresentação de assimetrias de força nos membros inferiores (LAROCHE; COOK; MACKALA, 2012). Sabemos que idosos apresentam assimetrias de força muscular nos membros inferiores, tendo maior força muscular isométrica no membro inferior preferido durante a extensão de joelho (PERRY et al., 2007; SCHMIDT et al., 2014). Idosas que apresentam assimetrias de força muscular de membros inferiores apresentam assimetria e maior variabilidade da marcha do que idosas que não apresentam assimetria de força muscular, principalmente quando estão atuando próximas de suas capacidades máximas de marcha, como por exemplo, caminhar em velocidade rápida na esteira (LAROCHE et al., 2012). Estudos também mostram que idosos apresentam assimetrias entre os membros inferiores na elevação do pé em relação a um obstáculo durante a marcha no solo (DA ROCHA et al., 2013; GUADAGNIN; CARPES, 2014; GUADAGNIN et al., 2015), principalmente quando

submetidos a uma situação de atenção dividida (GUADAGNIN et al., 2015), o que aumenta o risco de contato do pé com o obstáculo resultando em tropeços.

O exercício físico regular tem um efeito a longo prazo muito importante para a independência de idosos, já que pode ser utilizado como uma alternativa de treinamento para diminuir o risco de quedas (SHERRINGTON et al., 2011; SHERRINGTON et al., 2008). Em uma meta-análise, foram sugeridas recomendações fundamentais para que o exercício previna quedas em idosos. Entre as oito recomendações está a importância do exercício físico ser planejado de forma a promover desafios de equilíbrio no idoso e, fundamentalmente, os autores concluem que os idosos devem se manter em atividade, não devem abandonar o exercício, uma vez que o benefício do exercício é rapidamente perdido quando cessado (SHERRINGTON et al., 2011).

Entretanto, o exercício prolongado acarreta cansaço e fadiga muscular (GONZALES et al., 2015). Este cansaço e fadiga (veja detalhes na Figura 3), principalmente nos membros inferiores, pode acarretar alterações nos padrões de estabilidade corporal e aumentar o risco de um tropeço (HATTON et al., 2013), além de afetar a mobilidade dos idosos, por meio da diminuição do torque máximo de extensores e flexores de joelho, da maior variabilidade do comprimento da passada em situações desafiadoras e da diminuição da velocidade da marcha e do comprimento da passada (GRANACHER; GRUBER; et al., 2010; GRANACHER; WOLF; et al., 2010b). A fadiga dos músculos extensores e flexores do joelho (comum no exercício de caminhada) reduz a velocidade da marcha e o comprimento do passo em idosos (GRANACHER; WOLF; et al., 2010b), e uma fraqueza relacionada a ação dos abdutores de quadril pode estar relacionada a diminuição do controle mediolateral do quadril em idosos (KO et al., 2010b), aumentando o risco de queda (UEMURA et al., 2011).

Uma das alterações biomecânicas mais comuns no padrão da marcha durante um exercício, de forma aguda, é a variabilidade da marcha. A variabilidade da marcha é considerada a flutuação dos valores das medidas de marcha de um passo ao próximo (CALLISAYA et al., 2010). A variabilidade é considerada um reflexo da inconsistência na habilidade de controle do sistema neuromuscular central para regular a marcha (HAUSDORFF, 2005), sendo consequência do

envelhecimento (HAUSDORFF, 2005;2007) ou doenças que afetam o sistema neuromuscular, como a doença de Parkinson (HAUSDORFF et al., 2007). Assim, a variabilidade da marcha pode ser descrita como uma preditora de quedas e de declínio da mobilidade mais significativa, se comparada com medidas absolutas, tais como a velocidade da marcha (CALLISAYA et al., 2010). Além disso, a variabilidade da marcha parece ser sensível também ao medo de cair, uma vez que idosos com medo de cair apresentam maior variabilidade na marcha (AYOUBI et al., 2015). Os aumentos da variabilidade no comprimento de passada e do tempo de balanço foram os melhores preditores de quedas, e os únicos a predizerem quedas com lesões em idosos (VERGHESE et al., 2009).

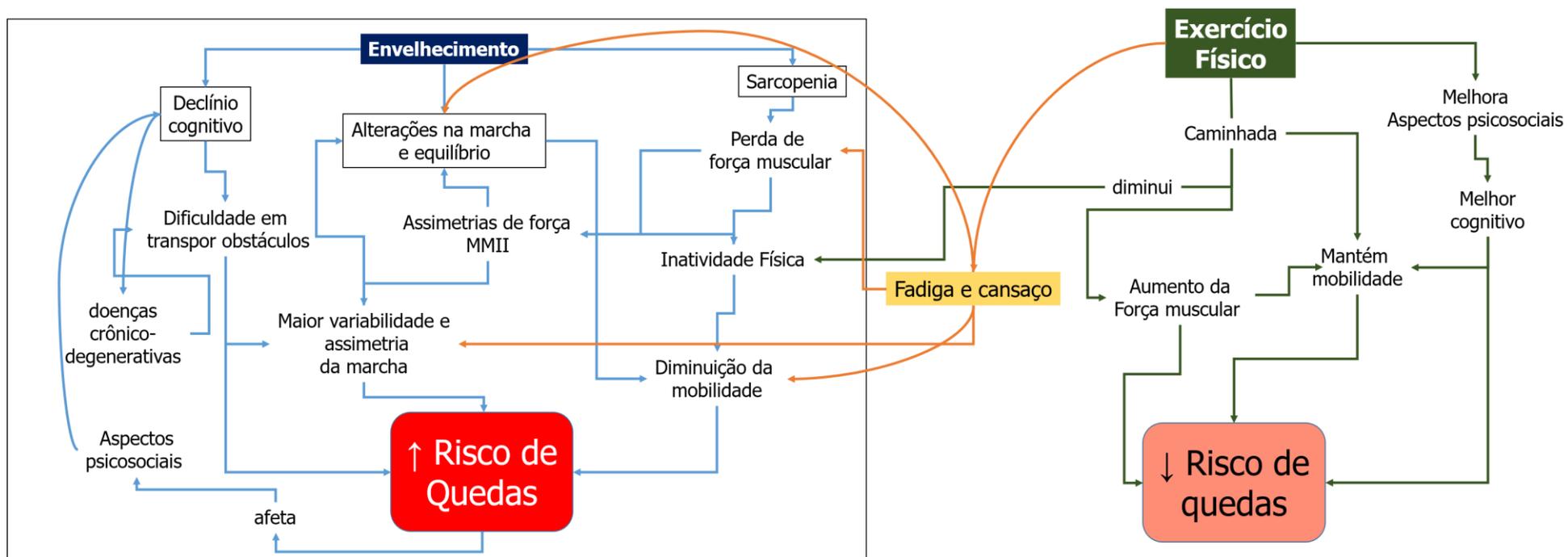


Figura 3 - Fluxograma da relação entre envelhecimento, exercício físico e fadiga.

O efeito do envelhecimento sobre a variabilidade dos parâmetros espaço-temporais da marcha durante um protocolo de caminhada na esteira foi verificado em um estudo recente. Cem sujeitos saudáveis (sendo 50 homens e 50 mulheres) com idade variando de 20 a 69 anos, e que foram divididos em 5 grupos de acordo com a idade (n=20 por grupo, sendo 10 homens e 10 mulheres), sendo formado um grupo por década de vida (ou seja, entre 20-29; 30-39; 40-49; 50-59; 60-69 anos de idade) foram avaliados. Os participantes caminharam em uma esteira por 5 minutos, em velocidade confortável. Diferente do esperado, os autores não encontraram um efeito da idade para a variabilidade da marcha, tampouco para a velocidade de marcha preferida. Mas eles encontraram um efeito da idade para a estabilidade dinâmica da marcha no sentido mediolateral (TERRIER; REYNARD, 2015). Essa instabilidade no plano frontal corrobora o estudo já apresentado previamente, onde a fraqueza de abdutores de quadril foi responsável pela diminuição do controle mediolateral do quadril em idosos (KO et al., 2010b).

Em um estudo prévio, avaliamos o efeito agudo do exercício de caminhada na esteira em idosos ativos e sedentários (KUNZLER; CARPES, 2015; KUNZLER et al., submetido). Nossos resultados mostraram que, embora o nível de atividade física apresente ligeiras diferenças na negociação de escadas entre idosos ativos e sedentários, a negociação de escadas não muda após um exercício de caminhada de 30 minutos. Todavia, ainda não sabemos se a cinemática da marcha muda durante a marcha prolongada. Por isso, estudar parâmetros durante a marcha prolongada do idoso pode fornecer importantes informações para compreender o efeito agudo do exercício na marcha do idoso.

1.3 Delimitação do tema e justificativa

Embora o desempenho da marcha diferencie idosos sedentários e fisicamente ativos (AGNER et al., 2015), ambos são susceptíveis a efeitos agudos do exercício. De forma aguda, o exercício aeróbico com pelo menos 30 minutos de duração prejudica o equilíbrio (HILL et al., 2015), a velocidade de marcha, o comprimento de

passada, a cadência, a largura de passo (KO et al., 2010b), o comprimento de passo (GRANACHER; WOLF; et al., 2010a) e o controle mediolateral dos movimentos do quadril (KO; HAUSDORFF; FERRUCCI, 2010a) em idosos. Adicionalmente, a variabilidade na distância vertical mínima do pé ao solo é maior em idosos do que em jovens após um exercício de caminhada (MILLS; BARRETT; MORRISON, 2008), e idosos fisicamente ativos apresentam menor variabilidade no comprimento do passo e na largura do passo que idosos sedentários (BRACH et al., 2008). Poderiam esses efeitos agudos do exercício também impactar a cinemática e a variabilidade da marcha em idosos? Já que idosos fisicamente ativos normalmente apresentam melhor desempenho de marcha que sedentários, poderia o nível de atividade física caracterizar diferenças na cinemática e variabilidade dos parâmetros da marcha entre idosos ativos e sedentários?

Considerando uma avaliação bilateral da marcha, maior tempo de apoio na perna não preferida já foi relatado previamente (NAGANO et al., 2014), o que sugere uma assimetria nos parâmetros cinemáticos da marcha (SADEGHI et al., 2004). Além dos estudos com marcha perturbada (GUADAGNIN et al., 2015; NAGANO et al., 2014), assimetrias no desempenho motor de idosos são encontradas em experimentos envolvendo tarefas como uma caminhada de 5 minutos em esteira em velocidade preferida (NAGANO et al., 2011). Contudo, estudos prévios sobre o efeito da fadiga na marcha de idosos têm sido reportados considerando dados unilaterais, ou combinados de ambas pernas (FRANCIS et al., 2015; HELBOSTAD et al., 2007). Muitos estudos consideram intensidades máximas de exercício para causar uma perturbação no padrão da marcha; entretanto, isso não reflete uma situação do cotidiano do idoso, o que prejudica a validade ecológica destes estudos e consequentemente a aplicação prática dos resultados.

Há evidências de que o controle locomotor é dependente de interações complexas entre as pernas, refletindo em variáveis cinemáticas assimétricas, mas há poucos estudos que abordam o efeito da fadiga na assimetria da marcha e na variabilidade da marcha (NAGANO et al., 2014). Se assimetrias de membros inferiores podem surgir em resposta a situações desafiadoras da marcha ou de estresse muscular causado pelo exercício, poderia a preferência lateral de membros inferiores também influenciar a variabilidade da marcha em idosos? Por isso,

embora não seja pergunta principal neste estudo, justifica-se aqui a consideração de análises bilaterais da marcha e a verificação de uma condição simétrica ou não.

Dessa forma, neste estudo determinamos como uma sessão de exercício de caminhada de 30 minutos influencia a cinemática do passo e da passada e sua variabilidade em idosos fisicamente ativos e sedentários. Nossa hipótese é de que uma sessão de 30 minutos de caminhada pode aumentar a variabilidade da marcha, e tais efeitos podem ser maiores entre idosos sedentários.

A duração do exercício que nós escolhemos foi definida com base em estudos prévios de atividades aeróbicas que influenciaram as variáveis relacionadas com a marcha (KO et al., 2010a) e o equilíbrio postural (HILL et al., 2015) em idosos, principalmente relacionados a resistência à fadiga dos membros inferiores em idosos (GRANACHER; WOLF; et al., 2010a). Além do mais, como já mencionado anteriormente, o exercício de caminhada é uma modalidade de exercício muito popular entre esses idosos que buscam a promoção da saúde (BORST et al., 2008), sendo portanto considerada a mais relevante para a nossa investigação.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Determinar o efeito de uma sessão de caminhada de 30 minutos sobre a cinemática da marcha em idosos sedentários e fisicamente ativos.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar e comparar o comprimento e largura do passo e da passada duante a marcha de idosos em diferentes instantes de uma sessão de caminhada prolongada;
- Determinar e comparar a variabilidade do comprimento e da largura do passo e da passada duante a marcha de idosos em diferentes instantes de uma sessão de caminhada prolongada;
- Determinar assimetrias nas medidas de comprimento de passo e passada da marcha de idosos sedentários e fisicamente ativos;
- Comparar o comprimento e a largura do passo e da passada, bem como suas variabilidades, da marcha de idosos sedentários e fisicamente ativos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O objetivo deste estudo foi determinar o efeito do exercício físico regular sobre a cinemática da marcha em idosos sedentários e fisicamente ativos durante uma sessão de caminhada. Para isso, selecionamos idosos da comunidade local e avaliamos variáveis biomecânicas da cinemática linear da marcha (i.e. largura e comprimento do passo e da passada). Primeiramente foi realizado um convite aos idosos na comunidade local. O convite foi divulgado por meio de website, distribuição de cartazes e panfletos em centros de convivência de idosos, grupos sociais e academias da cidade.

Ao longo de 3 meses, 34 idosos aceitaram participar das avaliações. Foram incluídos no estudo os idosos que, ao se enquadrarem nos critérios de inclusão, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice A). Inicialmente, todos responderam um questionário de anamnese (Apêndice B) e o questionário internacional de atividade física (IPAQ) adaptado para idosos (CRAIG et al., 2003) (Anexo A). A preferência lateral foi verificada por meio do inventário revisado de Waterloo (ELIAS; BRYDEN; BULMAN-FLEMING, 1998), sendo que todos os participantes apresentaram preferência podal direita (Anexo B).

Os 30 idosos incluídos foram organizados em dois grupos e avaliados durante um protocolo de caminhada de 30 minutos em uma esteira. Logo após o término do protocolo, resultados preliminares e orientações gerais sobre a prática de exercícios físicos foram entregues a todos os participantes. Um fluxograma das fases experimentais é apresentado na Figura 4.

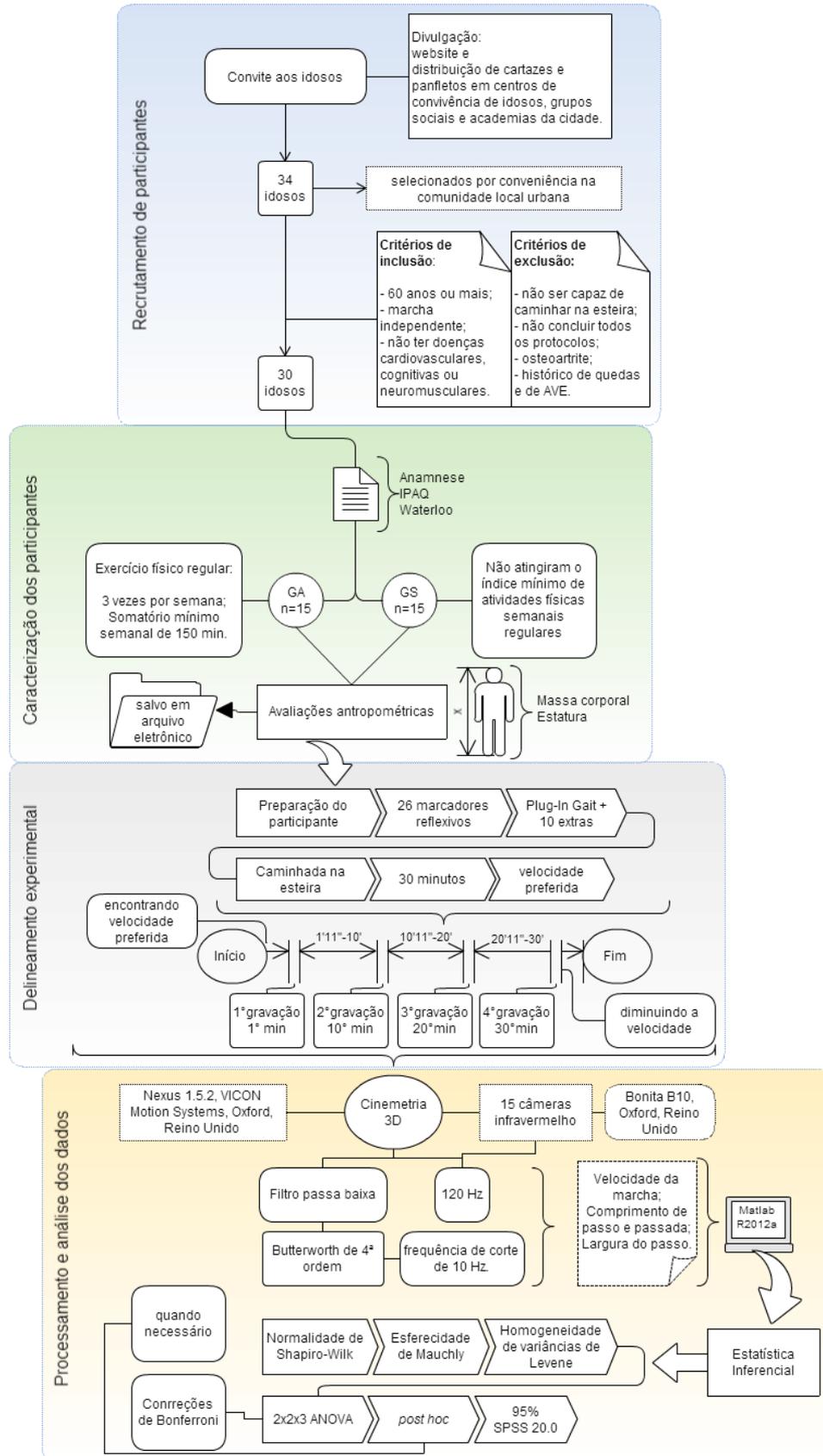


Figura 4 - Fluxograma do delineamento experimental.

3.1 Participantes e desenho experimental

O grupo de estudo foi composto por 15 idosos sedentários (15 do sexo feminino) e 15 idosos fisicamente ativos (12 do sexo feminino). No grupo sedentário participaram idosos que não atingiram o índice mínimo de atividades físicas semanais regulares. Já o grupo ativo foi composto por idosos que praticavam exercício físico regularmente, no mínimo 3 vezes por semana, com um somatório mínimo de atividades físicas semanais de 150 minutos. As características dos participantes de ambos os grupos são descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização dos participantes de cada grupo. Dados descritos em média e desvio padrão. M: masculino, F: feminino.

	Sedentários (n=15)	Ativos (n=15)
Idade (anos)	68 ± 5	67 ± 5
Estatura (m)	1,52 ± 0,34	1,58 ± 0,79
Massa corporal (kg)	66 ± 12	65 ± 10
Velocidade preferida (m/s)	0,99 ± 0,21	1,24 ± 0,17
Sexo	15 F	3 M, 12 F
Frequência Cardíaca (bpm)		
Início	89 ± 15	77 ± 10
Fim	104 ± 18	100 ± 14

3.2 Critérios de inclusão e exclusão

Para participar do estudo os participantes deveriam satisfazer os seguintes critérios:

- Estar dentro da faixa etária definida (60 anos de idade, ou mais);
- Ter liberação médica para exercícios físicos;
- Ser capaz de caminhar de forma independente (sem auxílio de outra pessoa e/ou de órtese ou prótese), durante um período prolongado de tempo;
- Assinar o termo de consentimento livre e esclarecido;

- Não fazer uso regular de medicamentos controlados que possam interferir no desempenho durante o experimento;
- Não apresentar qualquer doença cardiovascular, cognitiva ou neuromuscular (previamente diagnosticada) que impossibilite a marcha independente.

Foram excluídos do estudo os participantes que:

- Apresentassem histórico de quedas no último ano;
- Apresentassem diagnóstico médico de qualquer grau de osteoartrite em qualquer articulação dos membros inferiores;
- Apresentassem histórico de lesão muscular, óssea ou neurológica (previamente diagnosticada).

3.3 Instrumentos de coleta de dados

No desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados os seguintes instrumentos:

- Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) (CRAIG et al., 2003) (ANEXO A);
- Ficha de anamnese, para coleta de informações pessoais e antropométricas dos participantes (APÊNDICE B);
- Inventário revisado de Waterloo (ELIAS et al., 1998), para avaliação da preferência lateral (ANEXO B);
- Balança profissional mecânica com estadiômetro, para medidas de massa corporal, com resolução de 0,1 kg, e da estatura corporal, com resolução de 1 cm, marca Welmy;
- Trena antropométrica plástica de 2 m, com resolução de 0,1 cm, para medidas de circunferências corporais, marca Sanny;
- Paquímetro, para medidas de diâmetros ósseos e articulares, com resolução de 0,1 cm, marca Cescorf;

- Sistema de cinemetria tridimensional, para a avaliação cinemática da marcha, marca VICON, com 15 (quinze) câmeras infravermelho (modelo Bonita, Oxford, Reino Unido), com software NEXUS 1.5.2. e marcadores reflexivos;
- Esteira ergométrica motorizada, para protocolo de caminhada prolongada, modelo Gait Trainer 950 instrutor 3 (Biodex Medical Systems Inc., Nova Iorque, EUA), com corrimão geriátrico e com frequencímetro integrado, marca Polar (Polar Electro Oy., Finlândia).

3.4 Procedimentos para a coleta de dados

Inicialmente foram realizadas avaliações antropométricas, incluindo medida da massa corporal (kg), estatura (m) e comprimento dos membros inferiores (distância em mm da espinha íliaca ântero-superior até a borda inferior do maléolo medial, medida durante a postura em pé). As medidas foram realizadas bilateralmente, quando pertinente, e registradas em um arquivo eletrônico.

Foram fixados 26 marcadores reflexivos esféricos sobre a pele dos participantes (Figura 5), em pontos de referência anatômica (Tabela 2), de acordo com o modelo Plug-In Gait (Vicon Motion Systems, Oxford, Reino Unido). Contudo para os cálculos das variáveis de interesse foram utilizados apenas os marcadores posicionado nos calcanhares esquerdo (LHEE) e direito (RHEE).

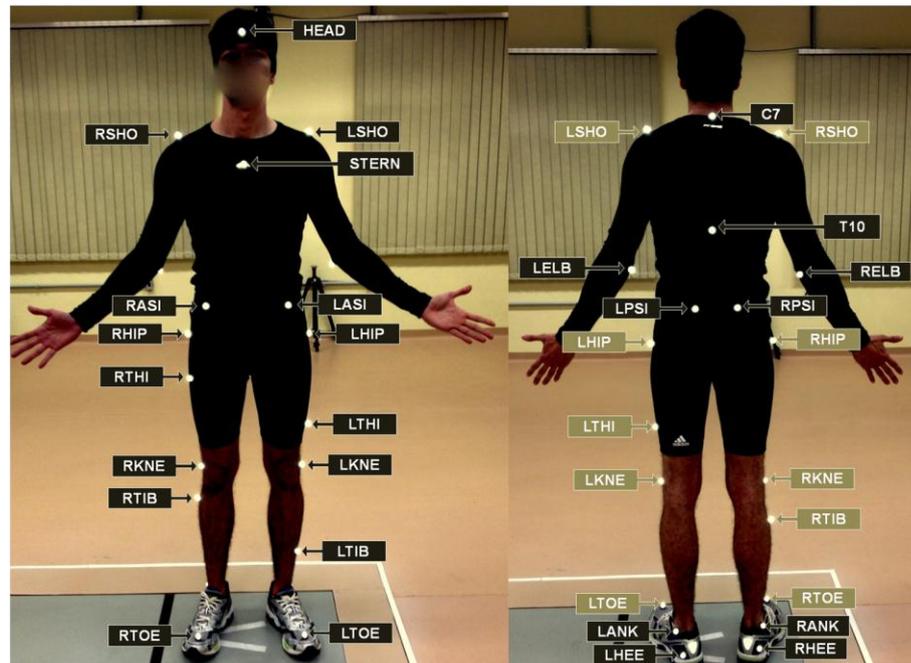


Figura 5 - Ilustração dos marcadores reflexivos fixados em pontos anatômicos de referência. Na esquerda a foto com vista anterior; e na direita com vista posterior.

Tabela 2 - Nomenclatura dos marcadores anatômicos.

NOME DO MARCADOR	REFERÊNCIA ANATÔMICA
HEAD	Cabeça
RSHO	Ombro direito (acrômio direito)
LSHO	Ombro esquerdo (acrômio esquerdo)
STERN	Esterno
C7	Sétima vértebra cervical
T10	Décima vértebra torácica
RELB	Cotovelo direito (olécrano direito)
LELB	Cotovelo esquerdo (olécrano esquerdo)
RASI	Espinha Ilíaca Ântero-Superior Direita
LASI	Espinha Ilíaca Ântero-Superior Esquerda
RPSI	Espinha Ilíaca Ântero-Posterior Direita
LPSI	Espinha Ilíaca Ântero-Posterior Esquerda
RHIP	Quadril direito (trocânter maior direito)
LHIP	Quadril esquerdo (trocânter maior esquerdo)
RTHI	Coxa direita
LTHI	Coxa esquerda
RKNE	Joelho direito (epicôndilo lateral direito)
LKNE	Joelho esquerdo (epicôndilo lateral esquerdo)
RTIB	Tíbia direita
LTIB	Tíbia esquerda
RANK	Tornozelo direito (maléolo lateral direito)
LANK	Tornozelo esquerdo (maléolo lateral esquerdo)
RTOE	Cabeça 2º metatarso direito
LTOE	Cabeça 2º metatarso esquerdo
RHEE	Tuberosidade do calcâneo direito
LHEE	Tuberosidade do calcâneo esquerdo

Para determinar a posição da esteira no espaço, 3 marcadores reflexivos foram posicionados em sua base conforme Figura 6 (setas em destaque).



Figura 6 - Posição dos marcadores na esteira. Setas indicam os 3 marcadores utilizados para coletar as informações cinemáticas da posição espacial da esteira.

3.5 Avaliação do nível de atividade física

Para classificar os idosos como ativos ou sedentários, foi avaliado o nível de atividade física habitual, através do Questionário Internacional de Atividade Física, adaptado para idosos. A classificação se deu considerando ativo aquele idoso que

realizou atividade física com intensidade considerada na última semana (veja Tabela 3). As questões deste questionário se davam a partir da afirmação “Nos últimos 7 dias você...” seguido de perguntas como “fez alguma caminhada?” e para as respostas afirmativas era perguntado o tempo de atividade. Os idosos foram classificados no grupo ativo quando eram classificados pelo questionário IPAQ como “ATIVO” ou “MUITO ATIVO”, ou seja, quando praticavam exercício físico regularmente, com no mínimo 5 sessões de 30 minutos de caminhada e/ou atividade física moderada (que se sentissem cansados ao realizar), ou que praticassem exercícios com um somatório mínimo de atividades físicas de 150 minutos semanais. Já no grupo sedentário foram aqueles idosos que foram classificados como “INATIVO” ou “IRREGULARMENTE ATIVO” pelo IPAQ, ou seja, os que não atingiram o índice mínimo de atividades físicas semanais regulares ou que não cumpriam as recomendações quanto à frequência ou duração na última semana para ser considerado ativo (Tabela 3).

Quadro 1 - Classificação do nível de atividade física.

Classificação	Vigorosa	Moderada	Somatório de atividades
		Caminhada	
Ativo	≥ 3 dias/sem e ≥ 20 minutos por sessão	≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão	≥ 5 dias/sem e ≥ 150 minutos/sem
Sedentário	Não atinge nenhuma das recomendações acima		

3.6 Protocolo de caminhada de 30 minutos

O experimento começou com a determinação da velocidade preferida para caminhada na esteira. Para isso cada participante completou 3 minutos de familiarização com a esteira motorizada. Após esse tempo de familiarização, a

avaliação da marcha iniciou em velocidade lenta (1km/h) a qual foi lentamente aumentada (0,1km/h/s) até que o participante identificasse uma velocidade de marcha confortável. Essa velocidade foi mantida por 1 min e então levemente aumentada (0,1km/h/s) até que o participante reportasse que a velocidade não poderia ser mantida. A velocidade foi então gradualmente reduzida (0,1km/h/s) até que o participante identificasse novamente uma velocidade confortável. A média entre as velocidades identificadas durante a fase de aumento e de diminuição foi definida como a velocidade preferida de marcha (DINGWELL; MARIN, 2006). A velocidade preferida foi então mantida durante 30 minutos de caminhada. Para reproduzir uma condição do cotidiano, eles caminharam usando seus próprios calçados. Os participantes não tiveram qualquer feedback da velocidade durante qualquer fase do experimento. Durante todo o protocolo a frequência cardíaca (FC) foi monitorada.

3.7 Avaliação cinemática da marcha

A análise cinemática da locomoção dos idosos foi realizada baseada na reconstrução dos dados de posição de 26 marcadores reflexivos colocados no corpo do participante (conforme já descrito anteriormente, Figura 5).

Durante a marcha na esteira, o movimento foi gravado durante 10 segundos no 1° minuto, 10° minuto, 20° minuto e 30° minuto da sessão de caminhada (Figura 7). Os dados cinemáticos foram gravados com uma taxa de amostragem de 120 Hz. Os dados de posição foram filtrados com filtro *Butterworth* de dupla entrada passa baixa de quarta ordem com frequência de corte de 10 Hz (SINCLAIR; TAYLOR; HOBBS, 2013).

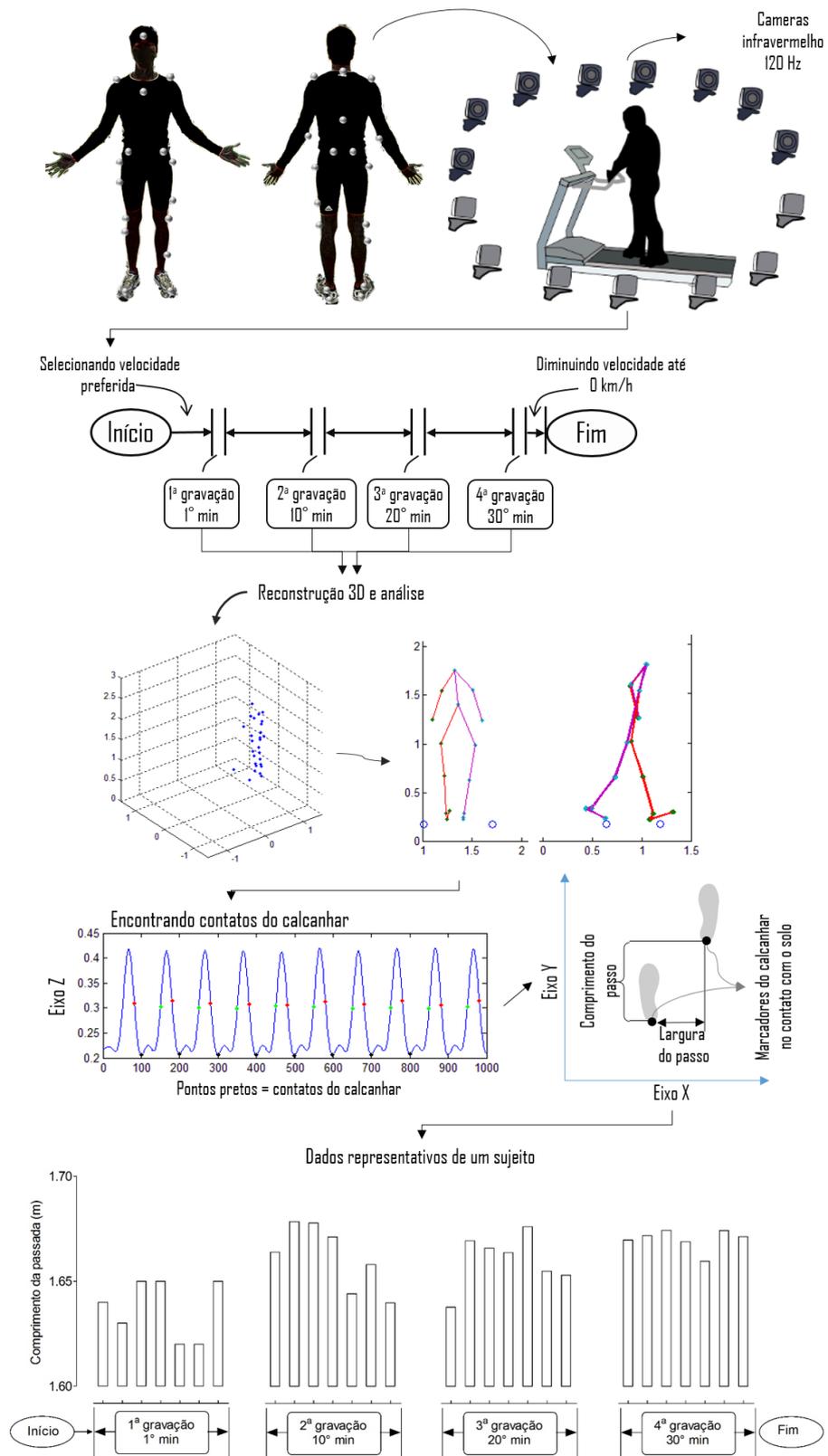


Figura 7 – Detalhamento do processo de aquisição e análise dos dados.

3.8 Índice de gasto fisiológico

Os dados de frequência cardíaca (FC) foram utilizados para estimar o índice de gasto fisiológico (IGF, equação 1) (NAGANO et al., 2014). Os dados de FC foram adquiridos antes da coleta de dados cinemáticos quando os participantes foram orientados em manter as mãos em contato com o corrimão da esteira. O erro estimado foi de 2-3 bpm na medida (segundo dados do fabricante).

$$\text{Equação 1: } IGF = \frac{FC \text{ caminhada} - FC \text{ descanso}}{\text{Velocidade da marcha}} \quad (1)$$



Figura 8 – Momento em que os dados de frequência cardíaca eram adquiridos durante o protocolo de caminhada prolongada, quando o participante estava segurando o corrimão da esteira, onde estava localizado o frequencímetro

3.9 Variáveis cinemáticas

O comprimento da passada foi definido como a distância na cinta da esteira entre dois consecutivos toques do calcanhar do mesmo pé; o comprimento do passo foi determinado como a distância na cinta da esteira entre o toque do calcanhar de um pé e o toque do calcanhar pé contralateral, considerando que a distância longitudinal entre os dois toques dos calcanhares na cinta da esteira é a distância dos toques dos calcanhares mais a diferença no tempo multiplicado pela velocidade da esteira. A largura do passo foi determinada pela distância na direção mediolateral entre os calcanhares em consecutivos toques do calcanhar. A cadência foi o número de passos ou passadas dadas em um dado tempo. Todas as variáveis foram determinadas considerando dados de 8 ciclos de marcha, para a perna preferida e não preferida.

3.10 Aspectos técnicos

A calibração das 15 câmeras se deu pelo movimento contínuo de calibrador ativo (Figura 9) por todo o ambiente de coleta (considerando um erro calibração aceitável menor que 2 mm). O objetivo dessa calibração é indicar pontos de referências espaciais para as câmeras. As câmeras estavam organizadas ao redor do ambiente de coleta direcionadas para o plano de movimento (Figura 10), de forma que cada ponto de referência era visível simultaneamente por pelo menos 2 câmeras em todo o ambiente de coleta.

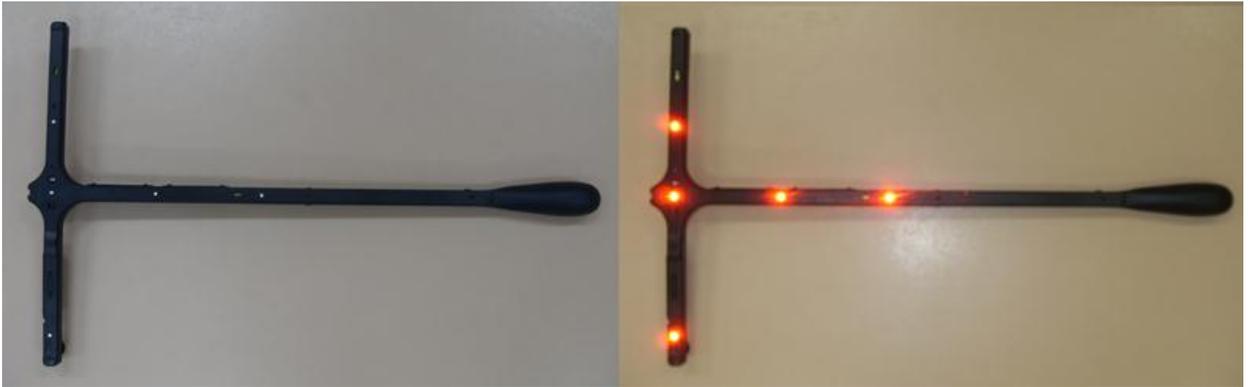


Figura 9 - *Active wand*, aparato para calibração do sistema de cinemetria. A esquerda o *wand* desligado e a direita ele ligado com os pontos de referências para as câmeras.

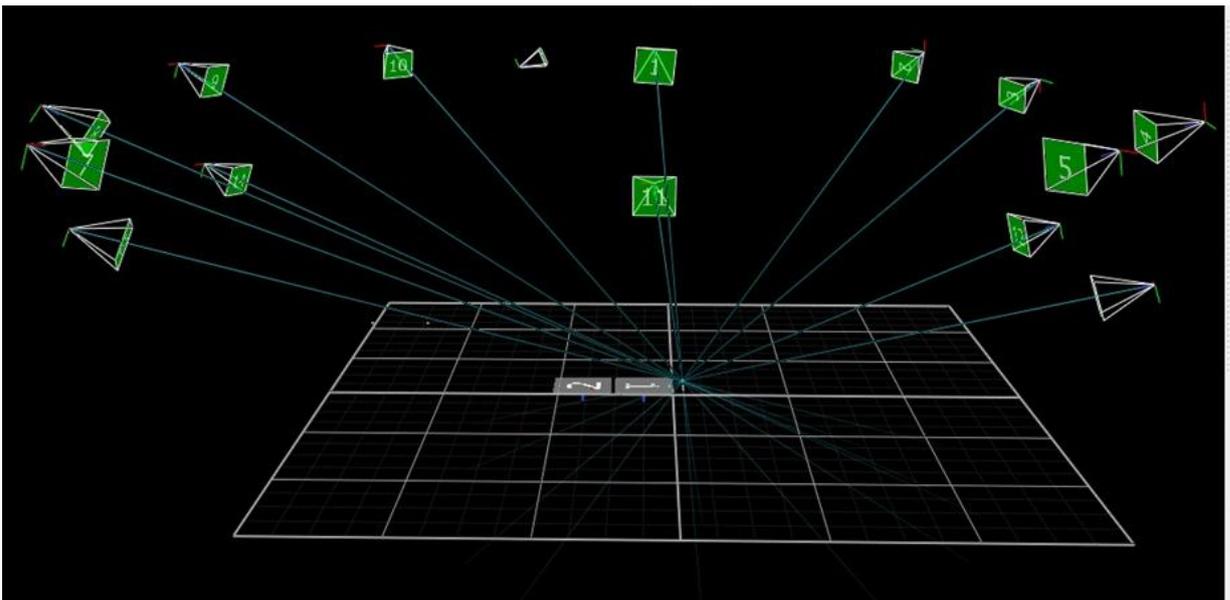


Figura 10 - Localização das câmeras infravermelho, organizadas de forma que cada ponto de referência era visível para pelo menos 2 câmeras por vez em todo o ambiente de coleta.

Os marcadores utilizados na coleta (Figura 11), de tamanho de 14 mm, foram fixados com fita adesiva dupla face e reforçados com fita médica em pontos anatômicos do participante (Figura 2).



Figura 11 - Marcador utilizado para as avaliações. Diâmetro de 14 mm.

Ao chegarem ao laboratório os participantes conheceram todo o ambiente como forma de se familiarizar com ele (Figura 12).



Figura 12 - O laboratório de experimentos.

Após a fixação dos marcadores, os participantes puderam caminhar pelo laboratório para se familiarizar com os marcadores no corpo. Foi feito então o procedimento de calibração estática, quando o participante ficava em pé com os braços estendidos para que cada um dos marcadores de referência pudesse ser identificado pelo sistema de análise de movimentos.

3.11 Processamento e análise estatística dos dados

Os dados foram processados usando o software Matlab R2012a. Os dados foram submetidos à estatística descritiva e teste de normalidade de Shapiro-Wilk, de esfericidade de Mauchly e de homogeneidade de variâncias de Levene. Além da média e desvio-padrão, o coeficiente de variação (CV%) foi determinado utilizando a equação: $CV\% = \frac{\text{Desvio padrão}}{\text{média}} \times 100$, para inferir sobre a variabilidade dos dados. Uma análise de variância para medidas repetidas em um modelo 2x2x4 com correções de Bonferroni foi realizada para identificar efeitos e interações para grupo (sedentário x ativo), perna (preferida x não preferida) e momento (minutos 1, 10, 20 e 30) nas variáveis cinemáticas, seguido por testes de post-hoc quando pertinente. Quando um efeito para perna não foi observado, valores de ambas as pernas foram agrupados. A velocidade de marcha e o índice de gasto fisiológico foram comparados entre os grupos usando teste t independente e teste U de Mann-Whitney, respectivamente. Todas as comparações foram realizadas considerando um nível de significância de 0,05, utilizando o software SPSS 20.0.

3.12 Aspectos éticos

Aqueles que concordaram em participar do estudo assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, concordando com sua participação voluntária no estudo, contendo informações pertinentes ao experimento e assegurando também sua privacidade. Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa com seres humanos da Universidade Federal do Pampa (protocolo número 19939513.0.0000.5323), local onde todos os experimentos foram desenvolvidos. Para tal, os princípios éticos foram respeitados de acordo com o estabelecido pela legislação do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde que aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos e que assegura aos indivíduos quatro preceitos básicos: a autonomia, a não

maleficência, a beneficência, e a justiça. Os resultados obtidos no estudo são divulgados em publicações científicas, sendo que os dados pessoais de cada participante, bem como imagens, não são mencionados e são mantidos em sigilo.

4. RESULTADOS

4.1 Variáveis cinemáticas

Idosos fisicamente ativos apresentaram maior velocidade preferida de marcha do que idosos sedentários ($4,53 \pm 0,63$ km/h e $3,61 \pm 0,76$ km/h, respectivamente; $t_{(28)}=3,48$; $p=0,002$).

O comprimento do passo apresentou um efeito para grupo e tempo de marcha com uma interação entre perna e tempo (para valores de F e P, vide Tabela 4). Maior comprimento de passo foi observado em idosos ativos para todos os tempos e em ambas pernas [Figura 13A; idosos sedentários vs idosos ativos no primeiro minuto para a perna preferida ($t_{(28)}=3,04$; $p=0,005$) e não preferida ($t_{(28)}=3,57$; $p=0,001$), no minuto 10 para perna preferida ($t_{(28)}=3,03$; $p=0,005$) e não preferida ($t_{(28)}=3,21$; $p=0,003$); no minuto 20 para preferida ($t_{(28)}=3,03$; $p=0,005$) e não preferida ($t_{(28)}=3,12$; $p=0,004$); e no minuto 30 para preferida ($t_{(28)}=2,95$; $p=0,006$) e não preferida ($t_{(28)}=3,12$; $p=0,004$)]. O tempo afetou o comprimento de passo para ambas as pernas e grupos [comprimento do passo foi estatisticamente maior no minuto 30 do que no minuto 10 para a perna preferida ($p=0,026$) e não preferida ($p=0,031$) do grupo ativo e também para o grupo sedentário para a perna preferida e não preferida ($p=0,014$ e $0,024$, respectivamente). No primeiro minuto o comprimento do passo foi maior no grupo ativo na perna preferida ($p=0,043$). No grupo sedentário, o primeiro minuto foi maior que no minuto 10 para a perna preferida ($p=0,021$) e menor para a perna não preferida ($p=0,004$).

O comprimento da passada não mudou durante a sessão de caminhada mas apresentou um efeito para grupo (Tabela 4). Maior comprimento da passada foi observada no grupo de idosos ativos [Figura 13A; sedentários vs fisicamente ativos no minuto 1 ($t_{(58)}=4,85$; $p<0,001$), no 10 minuto ($t_{(58)}=4,53$; $p<0,001$), no 20 minuto ($t_{(58)}=4,48$; $p<0,001$) e no minuto 30 ($t_{(58)}=4,42$; $p<0,001$)].

A largura do passo teve uma interação entre grupo, perna e tempo (Tabela 4). Sem efeito para grupo, perna ou tempo. Comparados separadamente sem diferenças entre grupos, pernas ou tempos.

A cadência de passo e passada apresentaram efeito para tempo (Tabela 4). Para ambos os grupos a cadência diminuiu no fim do exercício [cadência da passada 1 min vs 30 min ($p=0,012$) e 10 min vs 30 min ($p=0,003$), Figura 13B); cadência do passo no 1 min vs 30 minutos ($p=0,028$) e 10 min vs 30 min ($p=0,021$)].

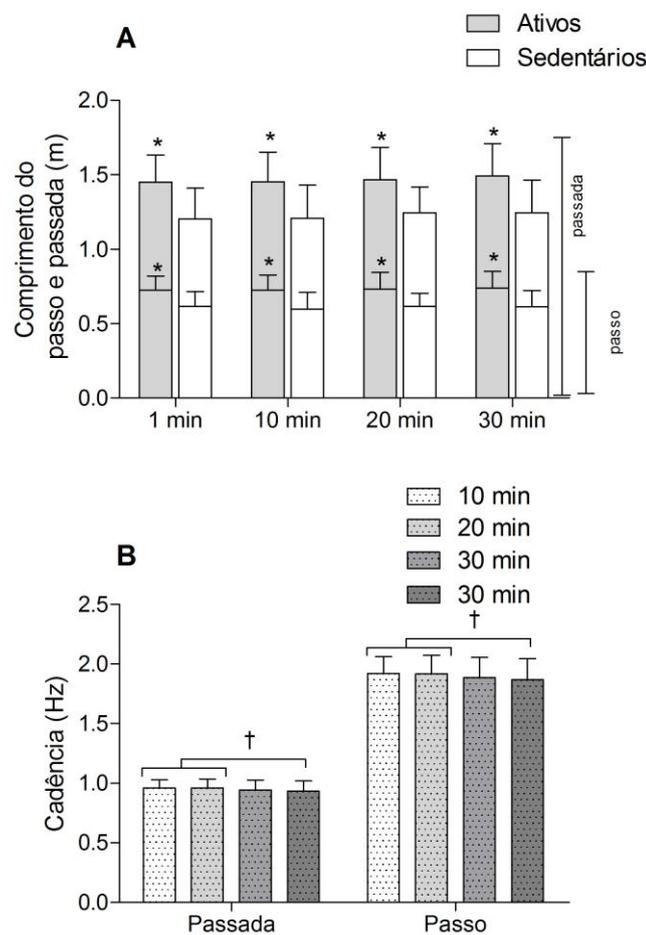


Figura 13 - Comprimento e cadência de passo e passada. (A) Comprimento do passo e passada, (B) Cadência do passo e passada. Dados expressos como média (barras) e desvio padrão (linhas). Em A, as barras brancas representam o grupo sedentário e as barras cinzas representam o grupo ativo. Em B, as barras representam os momentos (1, 10, 20 e 30 min, respectivamente da barra clara para

a escura). *indica diferença entre os grupos; † indica diferença entre os diferentes momentos.

Tabela 3 - Valores de F e p para as variáveis cinemáticas de passo e passada em sedentários e fisicamente ativos, considerando ambas pernas e os diferentes tempos de caminhada. *indica efeito ($p < 0,05$).

	Grupo		Perna		Momento		Grupo x Perna		Grupo x Momento		Perna x Momento		Grupo x Perna x Momento	
	F	P	F	P	F	p	F	p	F	P	F	P	F	P
	CP	15,72	<0,01*	3,23	0,09	2,83	0,04*	0,84	0,3	0,61	0,6	3,54	0,02*	1,72
CPS	16,07	<0,01*	1,32	0,26	2,37	0,08	0,01	0,9	0,24	0,8	1,77	0,16	0,12	0,94
LP	0,001	0,97	0,75	0,4	0,18	0,90	0,96	0,3	0,56	0,6	1,90	0,14	2,87	0,04*
CDP	1,77	0,2	2,43	0,14	5,53	<0,01*	0,22	0,6	0,1	0,9	0,59	0,61	0,53	0,66
S								4		5				
CDP	2,30	0,15	0,00	0,95	6,13	<0,01*	0,13	0,7	0,15	0,9	0,07	0,97	1,67	0,18
			4					1		2				
CP%	0,86	0,36	<0,0	0,99	14,58	<0,01*	0,04	0,8	0,711	0,5	0,03	0,99	0,88	0,45
			1					3		5				
CPS	2,47	0,13	2,54	0,13	6,88	<0,01*	1,54	0,2	0,56	0,7	2,50	0,07	0,89	0,45
%								3		1				
LP%	4,57	0,04*	#	#	4,17	<0,01*	#	#	1,19	0,3	#	#	#	#
										1				
CDP	1,15	0,30	1,73	0,20	0,43	0,72	0,12	0,7	1,27	0,2	0,12	0,94	1,25	0,28
SD%								2		9				
CDP	1,14	,30	,36	,55	,93	,43	,72	,41	1,30	,28	,26	,85	1,19	,32
%														

CP: comprimento do passo; CPS: comprimento da passada; LP: largura do passo; CDPS: cadência da passada; CDP: cadência do passo; CP%: variabilidade do comprimento do passo; CPS%: variabilidade do comprimento da passada; LP%: variabilidade da largura do passo; CDPS%: variabilidade da cadência da passada; CDP%: variabilidade da cadência de passo; # largura do passo foi considerada agrupando as pernas.

4.2 Variabilidade da marcha

A variabilidade do comprimento de passada mostrou um efeito para o momento, sem diferenças entre grupos e pernas (Figura 14A; dado de grupos e pernas foram agrupados). Uma ANOVA one-way (post hoc de Tukey) identificou diferenças entre os momentos ($F=4,911$; $p=0,003$). A variabilidade do comprimento da passada foi maior no minuto 1 comparado ao minuto 10 ($p<0,001$; Figura 14A).

A variabilidade do comprimento do passo mostrou um efeito para o momento (Figura 14B; grupos e pernas agrupados). Uma ANOVA one-way (post hoc de Tukey) identificou diferenças entre os momentos ($F=13,06$; $p<0,001$). A variabilidade do comprimento do passo foi maior no minuto 1 comparado aos minutos 10, 20 e 30 ($p<0,001$).

Efeitos ou interações não foram encontrados para a variabilidade na cadência do passo e passada (Tabela 4).

A variabilidade da largura do passo apresentou efeito para grupo ($F=4,57$; $p=0,041$) e momento ($F=4,17$; $p=0,008$). Em geral, uma maior variabilidade da largura do passo foi encontrada em idosos sedentários no minuto 20 ($t_{(58)}=-2,821$; $p=0,007$; Figura 15) comparado com os idosos ativos.

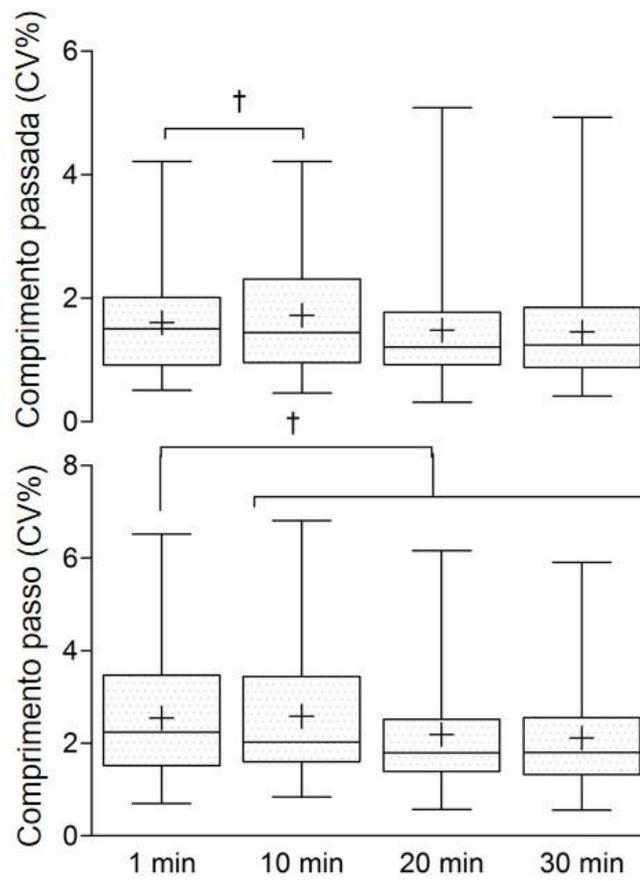


Figura 14 - Variabilidade do comprimento de passada (no topo) e comprimento do passo (na base) durante a sessão de caminhada. Dados de ambos os grupos (sedentários e ativos) e pernas (preferida e não preferida). Todos dados são expressados considerando o valor de amplitude entre mínimo para o máximo (boxes) e desvio padrão (linhas). + indica a média e a linha dentro da barra indica a mediana; † indica diferença entre os momentos.

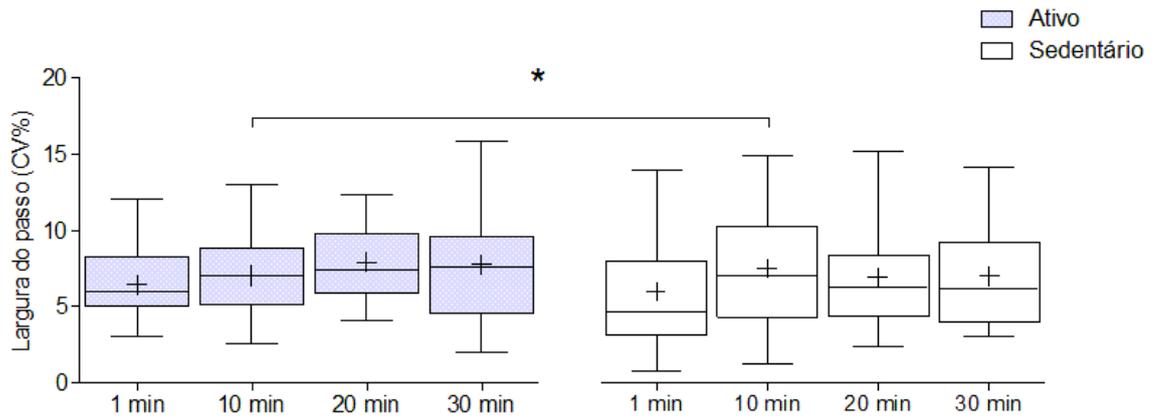


Figura 15 - Variabilidade da largura do passo em diferentes momentos no grupo de idosos fisicamente ativos (esquerda) e idosos sedentário (direita). Dados foram apresentados como valores mínimos e máximos (barras) e desvio padrão (linhas). + indica a media e a linha dentro da barra indica a mediana; * indica diferença entre os grupos.

4.3 Índice de gasto fisiológico

Idosos ativos e sedentários não diferiram considerando o índice de gasto fisiológico durante o exercício ($Z=-0,768$; $p=0,443$), o que suporta a afirmação de que ambos grupos apresentaram intensidade de exercício similar e essa variável pode não ter influenciado nossos resultados cinemáticos.

5 DISCUSSÃO

Neste estudo nós determinamos como os valores de média e de variabilidade na cinemática do passo e da passada mudam em resposta a 30 minutos de exercício de caminhada em idosos fisicamente ativos e sedentários. Nossos achados sugerem que, embora que a cinemática da marcha na esteira seja diferente entre idosos ativos e sedentários, não há adicional risco de quedas, como quantificado pela variabilidade da medida cinemática de passo e passada, resultante de 30 minutos de caminhada em velocidade de marcha preferida. Além do mais, assimetrias entre as pernas não foram encontradas nas variáveis consideradas neste estudo. Nós consideramos a preferência lateral como um fator em nossa análise de dados uma vez que assimetrias entre as pernas tem sido reportados na marcha de idosos (NAGANO et al., 2014). Sendo assim, o exercício de caminhada em velocidade preferida pode ser uma estratégia segura para a promoção da atividade física em idosos com diferentes níveis de atividade física habitual.

Idosos sedentários apresentam menor comprimento de passo e passada durante uma sessão de caminhada, sugerindo uma estratégia de passos pequenos. É esperado que com o envelhecimento ocorra uma perda de aproximadamente 41% no comprimento de passada, tendo como valores de referência dimensões entre 135 a 153 cm (ABOUTORABI et al., 2015; HOLLMAN et al., 2011). Em nossos resultados, os idosos ativos apresentaram um valor médio de 146 cm, o qual está dentro do esperado em comparação com a literatura. Entretanto, os idosos sedentários tiveram em nosso estudo valores médios de 122 cm, que estão abaixo do encontrado na literatura para idosos saudáveis. Uma possível razão para este resultado pode ser a fraqueza de extensores de quadril que é reportada em idosos (CARTY et al., 2012), mas não podemos excluir pequenas diferenças no comprimento dos membros inferiores entre os participantes dos estudos, o que pode influenciar as medidas de passo e passada. A perda de força muscular dos membros inferiores em idosos acarreta em alterações no padrão da marcha (PERSCH et al., 2009), como por exemplo, a diminuição do comprimento do passo e passada. O fato de idosos sedentários apresentarem menor comprimento do passo

e passada está também relacionado ao fato de que eles apresentaram menor velocidade de marcha; isso implica no fato de que se eles precisam aumentar a velocidade da marcha eles necessitam aumentar a cadência, exigindo, assim, uma maior potência muscular, que também é diminuída no idoso (DEVITA; HORTOBAGYI, 2000).

Independentemente do nível de atividade física, idosos diminuem a cadência da passada em 3-5% após 10 minutos de caminhada e mantêm valores estáveis até o fim do exercício com duração de 30 minutos. A diminuição na cadência pode resultar de desconforto causado pelo exercício (GRANACHER; WOLF; et al., 2010b) após 10 minutos na esteira. Nós não podemos desconsiderar que a diminuição na cadência pode apenas contar com um maior comprimento de passo observado ao final do exercício, uma vez que os idosos caminharam em velocidade de marcha preferida durante toda a sessão, e constante pelo controle mecânico da esteira. Uma possibilidade para essa adaptação na cadência pode estar relacionado a uma adaptação a esta condição de velocidade constante causada pela esteira. A esteira tem a característica de manter um padrão constante na marcha, devido ao seu ritmo controlado (DUYSENS; VAN DE CROMMERT, 1998). Nossos resultados mostraram que durante a marcha na esteira os idosos apresentam baixa variabilidade, o que parece ser um ponto positivo do exercício de caminhada na esteira, já que o esperado em estudos de caminhada no solo é uma mudança na variabilidade da marcha durante o exercício (NAGANO et al., 2014). Um estudo prévio mostrou que apesar da distância vertical do pé ao solo (elevação do pé) ser menor na esteira quando comparada ao solo, a variabilidade dessa medida é menor na esteira do que no solo (NAGANO et al., 2011), sugerindo que, assim como no nosso estudo, a marcha na esteira parece ser mais constante e por isso parece ser mais segura (em termos de tropeço, por exemplo) do que a marcha no solo.

Outro estudo prévio mostrou que a cinemática do comprimento da passada pode ser um dos mais robustos preditores de quedas, e o único preditor de quedas com lesões em idosos durante a marcha no solo (VERGHESE et al., 2009). Além do mais, idosos ativos mostraram menor variabilidade no comprimento e na largura do passo que idosos sedentários (BRACH et al., 2008). Nós encontramos que a variabilidade no comprimento da passada em ambas pernas muda nos primeiros 10 minutos de caminhada, mas permanece estável quando medida nos minutos 20 e

30, independentemente do nível de atividade física dos idosos (veja a Figura 14). Portanto, nós assumimos que os 30 minutos de caminhada em velocidade preferida de marcha não acarretou mudanças na variabilidade do comprimento da passada que poderiam aumentar o risco de quedas nos participantes. É possível que diferenças na variabilidade entre idosos fisicamente ativos e sedentários, como indicado em estudos prévios apenas com caminhada de 4 m (BRACH et al., 2008), pode não corresponder aos resultados de uma sessão prolongada de exercício, como a apresentada em nosso estudo.

Enquanto a variabilidade do comprimento da passada diminuiu no fim do exercício de caminhada, a variabilidade da largura do passo foi similar nos diferentes tempos de caminhada. Uma leve diferença (~2%) foi encontrada entre os grupos no minuto 10. Essa diferença poderia ser relacionada a uma queda na cadência, que nós também observamos a partir do minuto 10, e a menor variabilidade no comprimento do passo no minuto 20 comparado ao minuto 1 e 10. As magnitudes e mudanças na largura do passo foram pequenas; portanto, a implicação dessa diferença isolada no grupo pode não se traduzir em uma implicação prática.

O índice de gasto fisiológico foi similar entre os grupos. Portanto, efeitos relacionados a carga do exercício não podem ser claramente discriminados entre os grupos. Nosso estudo tem limitações. Nós utilizamos o Questionário Internacional de Atividade Física (CRAIG et al., 2003) para classificar idosos fisicamente ativos e sedentários em vez de usar uma avaliação da aptidão. Em adicional, medidas de força e eletromiografia seriam válidas para ajudar na determinação do estado de fadiga em idosos ao invés de utilizar apenas respostas dos batimentos cardíacos.

6 CONCLUSÃO

Embora a cinemática da marcha em esteira tenha demonstrado diferença entre idosos fisicamente ativos e sedentários, 30 minutos de caminhada em velocidade preferida parece não adicionar risco de quedas como representado pela variabilidade da cinemática do passo e da passada. Nossos resultados sugerem que o exercício de caminhada na esteira parece diminuir a variabilidade da marcha, podendo ser uma boa estratégia para treinamentos de reabilitação da marcha em idosos.

REFERÊNCIAS

ABOUTORABI, A. et al. The effect of aging on gait parameters in able-bodied older subjects: a literature review. **Aging Clinical and Experimental Research**, Jul 26 2015.

AGNER, S. et al. Spatiotemporal gait parameters during dual task walking in need of care elderly and young adults : A cross-sectional study. **Zeitschrift fur Gerontologie und Geriatrie**, Apr 16 2015.

ANTES, D. L. et al. Fear of recurrent falls and associated factors among older adults from Florianopolis, Santa Catarina State, Brazil. **Caderno de Saúde Pública**, v. 29, n. 4, p. 758-68, Apr 2013.

AYOUBI, F. et al. Fear of Falling and Gait Variability in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Journal of the American Medical Directors Association**, v. 16, n. 1, p. 14-19, Jan 1 2015.

BORST, H. C. et al. Relationships between street characteristics and perceived attractiveness for walking reported by elderly people. **Journal of Environmental Psychology**, v. 28, n. 4, p. 353-361, Dec 2008.

BRACH, J. S. et al. The reliability and validity of measures of gait variability in community-dwelling older adults. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 89, n. 12, p. 2293-6, Dec 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Portal da saúde. . **Sistema Único de Saúde (SUS)**, 2013 2009. Disponível em: < www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2008/default >.

CALLISAYA, M. L. et al. Ageing and gait variability--a population-based study of older people. **Age and Ageing**, v. 39, n. 2, p. 191-7, Mar 2010.

CARTY, C. P. et al. Lower limb muscle weakness predicts use of a multiple- versus single-step strategy to recover from forward loss of balance in older adults. **The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences**, v. 67, n. 11, p. 1246-52, Nov 2012.

CHODZKO-ZAJKO, W. J. et al. Exercise and Physical Activity for Older Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 7, p. 1510-1530, 2009.

CHONG, R. K. et al. Age-related changes in the center of mass velocity control during walking. **Neuroscience Letters**, v. 458, n. 1, p. 23-7, Jul 10 2009.

CRAIG, C. L. et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 35, n. 8, p. 1381-95, Aug 2003.

D'ALIESIO, F. et al. Correlates of gait speed in a sample of physically active elderly. **European Geriatric Medicine**, v. 5, n. 2, p. 82-86, 4// 2014.

DA ROCHA, E. S. et al. Gait Asymmetry during dual-task obstacle crossing in the young and elderly. **Human Movement**, v. 14, n. 2, p. 138–143, 2013.

DEVITA, P.; HORTOBAGYI, T. Age causes a redistribution of joint torques and powers during gait. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 5, p. 1804-11, May 2000.

DIEHR, P. H. et al. Decline in Health for Older Adults: Five-Year Change in 13 Key Measures of Standardized Health. **The Journals of Gerontology, Series A: Biological Sciences**, May 10 2013.

DINGWELL, J. B.; MARIN, L. C. Kinematic variability and local dynamic stability of upper body motions when walking at different speeds. **Journal of Biomechanics**, v. 39, n. 3, p. 444-52, 2006.

DUYSENS, J.; VAN DE CROMMERT, H. W. Neural control of locomotion; The central pattern generator from cats to humans. **Gait and Posture**, v. 7, n. 2, p. 131-141, Mar 1 1998.

EKE-OKORO, S. T.; GREGORIC, M.; LARSSON, L. E. Alterations in gait resulting from deliberate changes of arm-swing amplitude and phase. **Clinical Biomechanics**, v. 12, n. 7-8, p. 516-521, Oct 1997.

ELIAS, L. J.; BRYDEN, M. P.; BULMAN-FLEMING, M. B. Footedness is a better predictor than is handedness of emotional lateralization. **Neuropsychologia**, v. 36, n. 1, p. 37-43, Jan 1998.

FRANCIS, C. A. et al. Gait variability in healthy old adults is more affected by a visual perturbation than by a cognitive or narrow step placement demand. **Gait and Posture**, Jul 17 2015.

FRIEDMAN, J. H. Gait In the Elderly. **Medicine & Health**, v. 91, n. 5, 2008.

GONZALES, J. U. et al. Arterial stiffness is higher in older adults with increased perceived fatigue and fatigability during walking. **Experimental Gerontology**, v. 61, p. 92-7, Jan 2015.

GRANACHER, U. et al. Effects of ankle fatigue on functional reflex activity during gait perturbations in young and elderly men. **Gait and Posture**, v. 32, n. 1, p. 107-12, May 2010.

GRANACHER, U. et al. Effects of muscle fatigue on gait characteristics under single and dual-task conditions in young and older adults. **J Neuroeng Rehabil**, v. 7, p. 56, 2010a.

_____. Effects of muscle fatigue on gait characteristics under single and dual-task conditions in young and older adults. **Journal of Neuroengineering and Rehabilitation**, v. 7, p. 56, 2010b.

GUADAGNIN; CARPES, F. P. **BIOMECÂNICA DA MARCHA COM OBSTÁCULO E DUPLA TAREFA EM IDOSAS SEDENTÁRIAS E FÍSICAMENTE ATIVAS**. 2014. Dissertação (Mestre). Universidade Federal de Santa Maria

GUADAGNIN et al. Effects of regular exercise and dual tasking on spatial and temporal parameters of obstacle negotiation in elderly women. **Gait and Posture**, Jul 3 2015.

HATTON, A. L. et al. The effect of lower limb muscle fatigue on obstacle negotiation during walking in older adults. **Gait and Posture**, v. 37, n. 4, p. 506-10, Apr 2013.

HAUSDORFF, J. M. Gait variability: methods, modeling and meaning. **Journal of Neuroengineering and Rehabilitation**, v. 2, p. 19, 2005.

_____. Gait dynamics, fractals and falls: finding meaning in the stride-to-stride fluctuations of human walking. **Human Movement Science**, v. 26, n. 4, p. 555-89, Aug 2007.

HAUSDORFF, J. M. et al. Rhythmic auditory stimulation modulates gait variability in Parkinson's disease. **The European Journal of Neuroscience**, v. 26, n. 8, p. 2369-75, Oct 2007.

HELBOSTAD, J. L. et al. Physical fatigue affects gait characteristics in older persons. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 62, n. 9, p. 1010-5, Sep 2007.

HILL, M. W. et al. The effects of arm crank ergometry, cycle ergometry and treadmill walking on postural sway in healthy older females. **Gait and Posture**, v. 41, n. 1, p. 252-7, Jan 2015.

HOLLMAN, J. H. et al. Age-related differences in spatiotemporal markers of gait stability during dual task walking. **Gait and Posture**, v. 26, n. 1, p. 113-9, Jun 2007.

HOLLMAN, J. H.; MCDADE, E. M.; PETERSEN, R. C. Normative spatiotemporal gait parameters in older adults. **Gait and Posture**, v. 34, n. 1, p. 111-8, May 2011.

IBGE. Sinopse do Censo Demográfico 2010., 2012. Acesso em: 30 de junho.

ISHIGAKI, N. et al. Analysis of pelvic movement in the elderly during walking using a posture monitoring system equipped with a triaxial accelerometer and a gyroscope. **Journal of Biomechanics**, v. 44, n. 9, p. 1788-92, Jun 3 2011.

JUDGE, J.; DAVIS, R. B.; OUNPUU, S. Age-associated reduction in step length: testing the importance of hip and ankle kinetics. **Gait and Posture**, v. 3, n. 2, 1995.

KO, S. U.; HAUSDORFF, J. M.; FERRUCCI, L. Age-associated differences in the gait pattern changes of older adults during fast-speed and fatigue conditions: results from the Baltimore longitudinal study of ageing. **Age Ageing**, v. 39, n. 6, p. 688-94, Nov 2010a.

_____. Age-associated differences in the gait pattern changes of older adults during fast-speed and fatigue conditions: results from the Baltimore longitudinal study of ageing. **Age and Ageing**, v. 39, n. 6, p. 688-94, Nov 2010b.

KUNZLER; CARPES. **EFEITOS DA CAMINHADA PROLONGADA SOBRE A CINEMÁTICA DA LOCOMOÇÃO DE IDOSOS EM ESCADAS**. 2015. Dissertação (Master). Universidade Federal de Santa Maria

KUNZLER et al. ACUTE EFFECTS OF WALKING EXERCISE ON STAIR NEGOTIATION IN SEDENTARY AND PHYSICALLY ACTIVE ELDERLY **Gait and Posture**, submetido.

KUNZLER et al. Saúde no parque : características de praticantes de caminhada em espaços públicos de lazer. **Saúde em Debate**, p. 646-653, 2014.

LAROCHE, D. P.; COOK, S. B.; MACKALA, K. Strength asymmetry increases gait asymmetry and variability in older women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 44, n. 11, p. 2172-81, Nov 2012.

MALAFARINA, V. et al. Sarcopenia in the elderly: diagnosis, physiopathology and treatment. **Maturitas**, v. 71, n. 2, p. 109-14, Feb 2012.

MILLS, P. M.; BARRETT, R. S.; MORRISON, S. Toe clearance variability during walking in young and elderly men. **Gait and Posture**, v. 28, n. 1, p. 101-7, Jul 2008.

MOCHIDA, L. Y. et al. Estudo dinamométrico da marcha de idosos ultrapassando obstáculos. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 23, n. 1, p. 15-23, 2009.

NAGANO, H. et al. Ageing and limb dominance effects on foot-ground clearance during treadmill and overground walking. **Clinical Biomechanics**, v. 26, n. 9, p. 962-8, Nov 2011.

NAGANO, H. et al. Effects of walking-induced fatigue on gait function and tripping risks in older adults. **Journal of Neuroengineering and Rehabilitation**, v. 11, p. 155, 2014.

NIGG, B. M.; SKLERYK, B. N. Gait characteristics of the elderly. **Clinical Biomechanics**, v. 3, n. 2, p. 79-87, May 1988.

OJAGBEMI, A. et al. Gait Speed And Cognitive Decline Over 2 Years In The Ibadan Study Of Ageing. **Gait and Posture**, 2015.

ONU. **World Population Ageing 2009**. 2009

PEREIRA, D. S.; ANJOS, D. M. C. Mobilidade funcional e função executiva em idosos diabéticos e não diabéticos. v. 14, n. 6, 2010.

PERRY, M. C. et al. Strength, power output and symmetry of leg muscles: effect of age and history of falling. **European Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 5, p. 553-61, 2007.

PERSCH, L. N. et al. Strength training improves fall-related gait kinematics in the elderly: a randomized controlled trial. **Clinical Biomechanics**, v. 24, n. 10, p. 819-25, Dec 2009.

POTTER, J. M.; EVANS, A. L.; DUNCAN, G. Gait speed and activities of daily living function in geriatric patients. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 76, n. 11, p. 997-9, Nov 1995.

REELICK, M. F. et al. The influence of fear of falling on gait and balance in older people. **Age and Ageing**, v. 38, n. 4, p. 435-40, Jul 2009.

SADEGHI, H. et al. Simultaneous, bilateral, and three-dimensional gait analysis of elderly people without impairments. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 83, n. 2, p. 112-23, Feb 2004.

SCHIMIDT, H. L. et al. Isometric muscle force, rate of force development and knee extensor neuromuscular efficiency asymmetries at different age groups. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 16, n. 3, p. 8, 2014.

SCHULZ, B. W.; ASHTON-MILLER, J. A.; ALEXANDER, N. B. The effects of age and step length on joint kinematics and kinetics of large out-and-back steps. **Clinical Biomechanics**, v. 23, n. 5, p. 609-18, Jun 2008.

SHERRINGTON, C. et al. Exercise to prevent falls in older adults: an updated meta-analysis and best practice recommendations. **New South Wales Public Health Bulletin**, v. 22, n. 3-4, p. 78-83, Jun 2011.

SHERRINGTON, C. et al. Effective exercise for the prevention of falls: a systematic review and meta-analysis. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 56, n. 12, p. 2234-43, Dec 2008.

SINCLAIR, J.; TAYLOR, P. J.; HOBBS, S. J. Digital filtering of three-dimensional lower extremity kinematics: an assessment. **Journal of Human Kinetics**, v. 39, p. 25-36, Dec 18 2013.

SIQUEIRA, F. V. et al. Prevalence of falls in elderly in Brazil: a countrywide analysis. **Caderno de Saúde Pública**, v. 27, n. 9, p. 1819-26, Sep 2011.

TERRIER, P.; REYNARD, F. Effect of age on the variability and stability of gait: A cross-sectional treadmill study in healthy individuals between 20 and 69 years of age. **Gait and Posture**, v. 41, n. 1, p. 170-4, Jan 2015.

TERROSO, M. et al. Physical consequences of falls in the elderly: a literature review from 1995 to 2010. **European Review of Aging and Physical Activity**, v. 11, n. 1, p. 51-59, 2014/04/01 2014.

UEMURA, K. et al. Older adults at high risk of falling need more time for anticipatory postural adjustment in the precrossing phase of obstacle negotiation. **The Journals of Gerontology, Series A: Biological Sciences**, v. 66, n. 8, p. 904-9, Aug 2011.

VERGHESE, J. et al. Quantitative gait markers and incident fall risk in older adults. **The Journals of Gerontology, Series A: Biological Sciences**, v. 64, n. 8, p. 896-901, Aug 2009.

WATELAIN, E. et al. Gait pattern classification of healthy elderly men based on biomechanical data. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 81, n. 5, p. 579-86, May 2000.

ANEXOS

ANEXO A

ANEXO A: Questionário Internacional de Atividade Física

QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA

NOME COMPLETO SEM ABREVIACÕES E EM LETRA DE FORMA:

IDADE: _____ SEXO: _____ DATA DE NASCIMENTO: ____/____/____

As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na **ÚLTIMA** semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são MUITO importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação !

Para responder as questões lembre que:

atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal

atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez:

1a Em quantos dias da última semana você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

1b Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando **por dia**? horas: _____ Minutos: _____

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta,

nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração **(POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA)**: dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**? horas: _____ Minutos: _____

3a Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração. Dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

3b Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**? horas: _____ Minutos: _____

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre (deixa livre ou lazer. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV, jogando vídeo game, bate-papo na internet e uso do computador para jogar e estudar. Não inclua o tempo gasto sentado durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

4a. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um dia de semana? _____ horas _____ minutos

4b. Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um dia de final de semana? _____ horas _____ minutos

5. Você já ouviu falar do Programa Agita São Paulo? () Sim () Não

6. Você sabe o objetivo do Programa? () Sim () Não

CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA IPAQ

1. INATIVO: aquele que não realizou nenhuma atividade física por pelo menos 10 minutos contínuos durante a semana.

2. IRREGULARMENTE ATIVO: aquele que realiza atividade física, porém, de forma insuficiente para ser classificado como ativo pois não cumpre as recomendações quanto à frequência ou duração. Para realizar essa classificação soma-se a frequência e a duração dos diferentes tipos de atividades (caminhada + moderada + vigorosa).

3. ATIVO: aquele que cumpriu as recomendações de:

VIGOROSA: ≥ 3 dias/sem e ≥ 20 minutos por sessão; ou

MODERADA ou CAMINHADA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão; ou

Qualquer atividade somada: ≥ 5 dias/sem e ≥ 150 minutos/sem (caminhada + moderada + vigorosa).

4. MUITO ATIVO: aquele que cumpriu as recomendações de:

VIGOROSA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão ou

VIGOROSA: ≥ 3 dias/sem e ≥ 20 minutos por sessão + MODERADA ou CAMINHADA: ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão.

Sugerimos uma forma de classificação adicional reduzindo para dois grupos. Aqueles que alcançam e não alcançam a recomendação, muito utilizada em estudos de Cálculo de Risco.

Os grupos com a classificação Inativo e Irregularmente Ativo denominam-se SEDENTÁRIO ou Insuficientemente ativo.

Os grupos classificados como Ativo e Muito Ativo recebem o conceito de suficientemente ativos, aqueles que alcançam a recomendação de ≥ 150 minutos e ≥ 5 dias na semana.

ANEXO B

ANEXO B. Inventário de Waterloo

INVENTÁRIO DE WATERLOO PARA PREFERÊNCIA DE MEMBROS INFERIORES

Responda cada questão do inventário de Waterloo a seguir da melhor forma para você. Se você SEMPRE usa um pé para a atividade descrita, circule DS ou ES (para direito sempre, ou, esquerdo sempre). Se você frequentemente (mas não sempre) usa o pé direito ou esquerdo, circule DF ou EF, respectivamente de acordo com sua resposta. Se você usa ambos os pés com a mesma frequência para a atividade descrita, assinale AMB.

Por favor, não simplesmente circule uma resposta, mas imagine a realização da atividade e então marque a resposta. Se precisar, pare e realize o movimento.

1. Qual pé você usa para chutar uma bola que está parada na sua frente e alinhada com um alvo também a sua frente?	Direita sempre	Direita frequentemente	Ambas	Esquerda sempre	Esquerda frequentemente
2. Se fosse tiver que ficar em um pé só, em qual pé ficaria?	Direita sempre	Direita frequentemente	Ambas	Esquerda sempre	Esquerda frequentemente
3. Com qual pé você costuma mexer na areia da praia (desenhar ou aplanar a areia)?	Direita sempre	Direita frequentemente	Ambas	Esquerda sempre	Esquerda frequentemente
4. Se você tem que subir numa cadeira, qual pé você coloca primeiro em cima dela?	Direita sempre	Direita frequentemente	Ambas	Esquerda sempre	Esquerda frequentemente
5. Com qual pé você tenta matar um inseto rápido no chão, como uma barata ou um grilo?	Direita sempre	Direita frequentemente	Ambas	Esquerda sempre	Esquerda frequentemente
6. Se você tiver que ficar em pé sobre um trilho de trem, em um pé só, qual pé seria?	Direita sempre	Direita frequentemente	Ambas	Esquerda sempre	Esquerda frequentemente
7. Se você tiver que pegar uma bola de gude com os pés, qual pé escolheria?	Direita sempre	Direita frequentemente	Ambas	Esquerda sempre	Esquerda frequentemente
8. Se você tem que saltar em um pé só, qual pé seria?	Direita sempre	Direita frequentemente	Ambas	Esquerda sempre	Esquerda frequentemente
9. Com qual pé você ajudaria a enterrar uma pá no solo?	Direita sempre	Direita frequentemente	Ambas	Esquerda sempre	Esquerda frequentemente
10. Quando estamos em pé, parados, geralmente largamos nosso peso mais sobre uma das pernas. No seu caso, em qual das pernas você apóia mais o peso?	Direita sempre	Direita frequentemente	Ambas	Esquerda sempre	Esquerda frequentemente
11. Alguma vez houve alguma razão (uma lesão, por exemplo) que fez você mudar sua preferência para alguma das atividades descritas acima?	Sim ()		Não ()		
12. Alguma vez você treinou uma das pernas em especial para alguma dessas atividades descritas?	Sim ()		Não ()		
Se você respondeu sim para as questões 11 e 12, por favor explique.					

APÊNDICES

APÊNDICE A

APÊNDICE A. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Grupo de Pesquisa em Neuromecânica Aplicada – Campus Uruguaiana

Esse termo de consentimento, cuja cópia lhe foi entregue, é apenas parte de um processo de consentimento informado de um projeto de pesquisa do qual você está sendo convidado a participar. Este termo deve lhe dar uma idéia básica do que se trata o projeto, e o que sua participação envolverá. Se você quiser mais detalhes sobre algo mencionado aqui, ou informação não incluída aqui, sinta-se livre para solicitar. Por favor, leia atentamente esse termo, a fim de que você tenha entendido plenamente o objetivo desse projeto, e o seu envolvimento nesse estudo como sujeito participante. O investigador tem o direito de encerrar o seu envolvimento nesse estudo, caso isso se faça necessário, se você não estiver apto a realizar as atividades no momento da avaliação, ou se a comunicação entre o pesquisador e você se torne ineficaz. De igual forma, você pode retirar o seu consentimento em participar no mesmo a qualquer momento se assim o desejar.

O projeto de pesquisa: “Efeito do exercício físico prolongado sobre a cinemática da marcha de idosos: avaliação da negociação com obstáculos e escadas”, o convida para participar deste estudo, que será realizado pelo Grupo de Pesquisa em Neuromecânica Aplicada (GNAP) da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Sua participação envolve a visita ao laboratório de neuromecânica da UNIPAMPA durante 1 hora e 30 minutos, em um dia e horário de sua disponibilidade, quando será feita uma avaliação de movimento durante a caminhada no solo com pequenos obstáculos e em uma escada com três degraus regulares, usando calçados. Também será realizado uma caminhada de 30 minutos em uma esteira ergométrica apropriada.

O projeto de pesquisa tem como objetivo investigar o efeito do exercício físico prolongado sobre a marcha de idosos em negociação com obstáculos e escadas, em atividades que envolvem caminhada. Os efeitos do envelhecimento podem aumentar o risco de quedas, que contribuem negativamente para a mobilidade, diminuindo sua expectativa de vida. A locomoção em idosos pode sofrer o efeito do

cansaço após uma atividade física mais prolongada e acarretar risco de quedas, como por exemplo, quando andando em terrenos irregulares (exemplo, calçadas e degraus). Na visita ao laboratório serão realizadas medidas antropométricas (exemplo, o comprimento de sua perna, a largura de seu joelho, etc) e da descrição do movimento durante a caminhada, com a realização de diferentes situações por um trajeto de 6 metros, assim como será feita uma análise do exercício praticado na esteira. Essas medidas de movimento envolvem a análise que seu corpo faz no espaço onde irá caminhar. Para medir isso, você caminhará sobre o solo, onde distantes da sua volta, estarão câmeras infravermelhas que captarão a imagem do seu movimento em um computador. Estas câmeras não provocam nenhum desconforto físico. No trajeto da caminhada serão colocados supostos obstáculos, feitos de espuma, e marcado no chão, com fita adesiva colorida e também uma pequena escada de madeira, com três degraus, larga e com corrimãos laterais para sua segurança. A caminhada em esteira terá 30 minutos de duração, em ritmo confortável de acordo com a sua preferência, podendo ser interrompida a qualquer momento, onde sua frequência cardíaca estará sendo controlada. Todos os participantes do estudo terão completa assistência pelos pesquisadores durante a realização do projeto no intuito de minimizar quaisquer riscos a sua saúde física, mental ou social. Nesse sentido, durante as tarefas de caminhada, você será recomendado a relatar qualquer desconforto que possa sentir, ou qualquer mal-estar que possa experimentar. As avaliações são individuais, logo não há risco de constrangimentos frente a outros participantes (muito embora, os protocolos não estejam ligados a qualquer tipo de constrangimento). Dentre os riscos possíveis, estão leve cansaço após a caminhada na esteira e risco pequeno de tropeço durante a ultrapassagem dos obstáculos (portanto, o obstáculo é de espuma, para caso o contato com ele aconteça, ele não causará perda de seu equilíbrio e nem mesmo vai te machucar). Riscos de cortes nos pés estão descartados, pois os instrumentos utilizados são polidos e não apresentam qualquer irregularidade em sua superfície que possam causar arranhões ou cortes. Aqueles que, mesmo assinando o TCLE e agendando a avaliação, no momento das tarefas de caminhada, sentirem-se inseguros quanto a avaliação, poderão retirar seu consentimento de participação. Se aceitar participar você poderá esclarecer qualquer tipo de dúvida a qualquer momento com o pesquisador responsável. O principal benefício em sua participação voluntária será o recebimento dos resultados dos testes, que serão gratuitos, e irão

fornecer importantes informações sobre seu padrão de caminhada na passagem sobre obstáculos do solo e locomoção em escadas, já que estas ferramentas de avaliação não estão disponíveis na grande maioria das instituições públicas de saúde. Indiretamente, você estará contribuindo para aumentar o conhecimento no tema e promover técnicas de treinamento e prevenção de tropeços e quedas durante a caminhada. Todas as informações obtidas como parte desse estudo permanecerão confidenciais e sua identidade não será revelada. As únicas pessoas com acesso aos seus resultados pessoais serão os investigadores envolvidos nesse estudo, que manterão os dados à sua disposição durante cinco anos. Qualquer documento publicado apresentando os resultados desse estudo não identificará os participantes. Para confirmar sua participação, assine as duas vias deste termo, sendo que uma permanecerá em seu poder e outra ficará com o pesquisador responsável pelo projeto.

Os horários podem ser agendados por telefone, e-mail ou pessoalmente, sendo possível a disponibilidade de carona para ir ao campus e também para retornar, bastando combinar com os pesquisadores o dia, horário e o endereço.

Eu _____ estou ciente das informações acima e concordo em participar do projeto de pesquisa: **Efeito do exercício físico prolongado sobre a cinemática da marcha de idosos: avaliação da negociação com obstáculos e escadas**, por livre e espontânea vontade.

Caso deseje maiores informações contate: Felipe P Carpes (Fone –(55) 96612010 – felipecarpes@gmail.com).

Caso deseje contatar o CEP/Unipampa: Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Pampa (Fone – (55) 3413 4321, Ramal: 2289 - cep@unipampa.edu.br.) O CEP/Unipampa fica no Prédio Administrativo da Unipampa – Campus Uruguaiiana, sala 23.

As ligações para os telefones de contato podem ser feitas a cobrar.

Assinatura Participante ou responsável

Assinatura Pesquisador

Nome por extenso

Nome por extenso

Data: ___/___/___

APÊNDICE B

APÊNDICE B. Ficha de Anamnese

FICHA DE ANAMNESE

Sujeito nº: _____

Nome: _____

Idade: _____ Data Nascimento: _____ Sexo: _____

Escolaridade: _____

Profissão: _____ Aposentado: () sim () não

Endereço: _____

Telefone: _____

Convênio médico: _____

Você sente dor em alguma parte do corpo? () Sim () Não

Qual(is)? _____

Com que frequência? _____

Você possui algum problema muscular, ósseo ou articular? () Sim () Não

Qual(is)? _____

Você possui alguma doença? () Sim () Não

Qual(is)? _____

Você está tomando algum medicamento? () Sim () Não

Qual(is)? Para que? _____

Hoje você tomou todos os medicamentos corretamente? () Sim () Não

É fumante? () Sim () Não Quantidade de cigarros por dia: _____

Ingere bebidas alcoólicas? () Sim () Não Frequência: _____

Você sofreu queda nos últimos 12 meses? () Sim () Não Quantas? _____

Qual(is) foi(foram) o(s) motivo(s) que levaram às mesmas? _____

Alguma delas resultou em lesão/fratura? () Sim () Não Qual(is)? _____

Precisou reduzir e/ou parar com suas atividades físicas devido a isso? _____

Por quanto tempo? _____ Preciso de atendimento

médico? Internação? _____

Pratica exercícios? () Sim () Não Qual(is)? _____

Há quanto tempo? _____ Freq. semanal _____ Duração sessão _____