

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

ANA CAROLINA BRISOLA BRIZZI

**PROTOCOLO COMBINADO UTILIZANDO ANÁLISE MULTIVARIADA
PARA AVALIAR ENVELHECIMENTO E PREDIÇÃO DO RISCO DE
QUEDAS**

TESE DE DOUTORADO

**DOUTORADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU**

São José dos Campos, setembro/2025

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

ANA CAROLINA BRISOLA BRIZZI

**PROTOCOLO COMBINADO UTILIZANDO ANÁLISE MULTIVARIADA
PARA AVALIAR ENVELHECIMENTO E PREDIÇÃO DO RISCO DE
QUEDAS**

TESE DE DOUTORADO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu em Engenharia Biomédica - Doutorado, da
Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para
obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica.

Orientador(a): Prof.(a) Dra. Livia Helena M. Moreira

São José dos Campos, setembro/2025

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

ANA CAROLINA BRISOLA BRIZZI

**PROTOCOLO COMBINADO UTILIZANDO ANÁLISE MULTIVARIADA
PARA AVALIAR ENVELHECIMENTO E PREDIÇÃO DO RISCO DE
QUEDAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu em Engenharia Biomédica - Doutorado, da
Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para
obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica.
Aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

Prof. Dra. Lívia Helena Moreira da Silva Melo

Orientador

Doutorado em Engenharia Biomédica

Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dra. Wendry Maria Paixão Pereira

Universidade de Taubaté.

Prof. Dr. André L. da Silva Mendes

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Osmar Pinto Neto

Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Leandro Procópio Alves

Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Dr. Renato Amaro Zângaro

Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Rodrigo Cunha Mello Pedreiro (Suplente)

Universidade Estácio de Sá

São José dos Campos, setembro/2025

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da Universidade, do autor e do orientador.

ANA CAROLINA BRISOLA BRIZZI

Graduada em Fisioterapia, especialista em
Fisioterapia Neurofuncional e Neuromodulação.

Possui mestrado em Engenharia Biomédica.

Membro da MDS- Movement Disorder Society.

Ficha Bibliográfica elaborada pela biblioteca UAM
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B879p Brizzi, Ana Carolina Brisola
 Protocolo combinado utilizando análise multivariada para
 avaliar envelhecimento e predição do risco de queda / Ana
 Carolina Brisola Brizzi - 2025
 f. 80; 30 cm

 Orientadora: Prof.^a Dr.^a Livia Helena M. Moreira.
 Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) Universidade
 Anhembi Morumbi, São Paulo - 2025.
 Bibliografia: f. 58-71.

 1. Engenharia Biomédica. 2. Envelhecimento 3. Avaliação 4.
 Controle Postural 5. Capacidade Funcional Título

CDD 610.28

Biblioteca Faculdade Anhembi Morumbi

*Ter avó é ter amparo,
consolo e cuidado, é sentir
amor verdadeiro... Vó, quem
dera eu, se por um descuido
de Deus, Ele te fizesse
eterna... dedico a você vó, a
mulher mais forte que
conheci. Te amo daqui até a
eternidade...*

RESUMO

O envelhecimento é um fenômeno multifatorial que demanda estratégias integradas para a avaliação e promoção da saúde na população idosa. Entre os aspectos críticos para a manutenção da integridade funcional está a predição do risco de quedas, cuja abordagem requer metodologias multidisciplinares e suporte tecnológico. Este estudo teve como objetivo propor uma avaliação funcional baseada em um Protocolo Combinado com Análise Multivariada para a predição do risco de quedas em idosos. Trata-se de um estudo transversal realizado com 114 voluntários, dos quais 101 tinham entre 60 e 90 anos e 13 entre 20 e 40 anos, distribuídos em três grupos: G1 — Centro de Convivência (CV), G2 — Centro Dia (CD) e G3 — Adultos Jovens (AJ). O protocolo incluiu anamnese clínica, avaliação da sensibilidade cutânea plantar, análise do controle postural por estabilometria e aplicação dos instrumentos validados *Time Up and Go* (TUG) e Teste de Caminhada de 10 Metros (TC10m). Foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos nos testes TUG ($p < 0,001$) e TC10m ($p < 0,001$), com destaque para o grupo G2 (CD), que apresentou os piores desempenhos em ambos os testes. Comparado ao G1 (CV) o G2 (CD) apresentou tempos de TUG significativamente mais elevados e velocidades de marcha mais reduzidas no TC10m. As análises de correlação revelaram associação forte e significativa entre o TUG e a velocidade da marcha ($R = -0,72$; $p < 0,001$). Além disso, déficits na sensibilidade plantar foram correlacionados com maior tempo no TUG e menor velocidade de caminhada, especialmente em regiões específicas como hálux, dedos, bordas medial e lateral, indicando que alterações sensoriais nos pés impactam negativamente o desempenho funcional. Conclui-se que o Protocolo Combinado com Análise Multivariada representa uma ferramenta promissora para ações preventivas em saúde geriátrica, oferecendo subsídios relevantes para o diagnóstico precoce e para intervenções direcionadas que visam à promoção da qualidade de vida dos idosos.

Palavras-Chave: Engenharia Biomédica. Envelhecimento. Avaliação. Controle Postural. Capacidade Funcional.

COMBINED PROTOCOL USING MULTIVARIATE ANALYSIS TO ASSESS AGING AND PREDCTION OF RISK OF FALLS

ABSTRACT

Aging is a multifactorial phenomenon that requires integrated strategies for assessing and promoting health in the elderly population. Among the critical aspects for maintaining functional integrity is the prediction of fall risk, which demands multidisciplinary approaches and technological support. This study aimed to propose a functional assessment based on a Combined Protocol with Multivariate Analysis for predicting fall risk in older adults. This cross-sectional study included 114 volunteers, of whom 101 were aged 60 to 90 years and 13 were aged 20 to 40 years, distributed into three groups: G1 — Social Center (CV), G2 — Daycare Center (CD), and G3 — Young Adults (AJ). The protocol comprised clinical anamnesis, evaluation of plantar cutaneous sensitivity, postural control analysis through stabilometry, and the application of validated instruments such as the Timed Up and Go (TUG) and 10-Meter Walk Test (10MWT). Statistically significant differences were observed among the groups in the TUG ($p < 0.001$) and 10MWT ($p < 0.001$) tests, with emphasis on group G2 (CD), which showed the poorest performance in both tests. Compared to G1 (CV), G2 (CD) presented significantly longer TUG times and lower gait speeds in the 10MWT. Correlation analyses revealed a strong and significant association between TUG performance and gait speed ($R = -0.72$; $p < 0.001$). Furthermore, deficits in plantar sensitivity were correlated with longer TUG times and reduced walking speed, particularly in specific regions such as the hallux, toes, and medial and lateral borders, indicating that sensory alterations in the feet negatively affect functional performance. It is concluded that the Combined Protocol with Multivariate Analysis represents a promising tool for preventive actions in geriatric health, providing relevant contributions for early diagnosis and targeted interventions aimed at promoting quality of life in the elderly.

Keywords: Biomedical Engineering. Aging. Assessment. Postural Control. Functional Capacity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 Processo de Envelhecimento	17
2.2 Controle Postural	23
2.3 Estabilometria	27
3. OBJETIVOS	29
3.1 Objetivos Específicos	29
3.2 Hipótese	29
4. METODOLOGIA	30
4.1 Comitê de Ética em Pesquisas	30
4.2 Características da População do Estudo	30
4.3 Desenho do Estudo	31
4.4 Avaliação	32
4.5 Análise Estatística	37
4.6 Elaboração de <i>Protocolo Combinado</i>	38
4.7 Artigo Científico/ estudo 2	38
5. RESULTADOS	40
6. DISCUSSÃO	50
7. CONCLUSÃO	50
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	71

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: População Brasileira de 80 anos e mais por sexo, 1980-2050.....	15
Figura 2: Classificação da sensibilidade	21
Figura 3: Interação no controle postural.....	24
Figura 4: Esquema do Sistema de controle postural.....	25
Figura 5: Desenho do estudo.....	32
Figura 6: Monofilamento de <i>Semmes-Weinsten</i> - estesiometro.....	33
Figura 7: Protocolo tradicional de mapeamento de limiares sensitivos.....	34
Figura 8: Áreas de aplicação do estesiometro.....	34
Figura 9: Execução do <i>Time up and go</i>	35
Figura 10: Execução do Teste de caminhada de 10 metros.....	36
Figura 11: Imagem representativa sobre a avaliação estabilométrica em idosos em posição ortostática.....	37
Figura 12: Comparação dos valores de TUG entre os grupos G1- Idosos H e G2- Idosos L.....	41
Figura 13: Comparação dos valores do TC10m entre os grupos G1- Idosos H e G2- Idosos L.....	41
Figura 14: Análise de correlação entre TUG e Velocidade.....	42
Figura 15: A: Amplitude do deslocamento do centro de pressão (COP) antero-posterior (AP) em milímetros. B: Amplitude do deslocamento do centro de pressão (COP) médio-lateral (ML) em milímetros.....	47
Figura 16: Deslocamento da oscilação total (DOT) em milímetros.....	47

Figura 17: Parte 1 do <i>Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada</i>	48
Figura 18: Parte 2 do <i>Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada</i>	49
Figura A1: Identificação e detalhamento do <i>Time up and Go</i> no <i>Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada</i>	76
Figura A2: Detalhamento do Teste de Caminhada de 10 metros no <i>Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada</i>	76
Figura A3: Detalhamento do Teste de Sensibilidade Cutânea Plantar no <i>Protocolo Combinado Utilizando de Análise Multivariada</i>	77
Figura A4: Detalhamento dos resultados da estabilometria no <i>Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada</i>	77
Figura A5: Detalhamento de <i>Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada</i>	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Característica da população do estudo.....	40
Tabela 2: Proporção de alterações no teste de sensibilidade em cada ponto do pé.....	43
Tabela 3: Comparação das proporções de alterações no teste de sensibilidade em cada ponto do pé entre os grupos G2- CD e G1- CV.....	44
Tabela 4: TUG e estesiometria.....	45
Tabela 5: TC10m e estesiometria.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AdCOP	Amplitude do Deslocamento do Centro de Pressão Antero
AP	Posterior
AdCOPml	Amplitude do Deslocamento do Centro de Pressão Médio Lateral
AIH	Autorização de Internação Hospitalar
ANOVA	Análise de Variância
APTA	<i>American Physical Therapy Association</i>
AVC	Acidente Vascular Cerebral
CEP	Comite de Ética e Pesquisa
cm	Centímetro
cm/s	Centímetro por segundo
COG	Oscilação do Centro de Pressão
COM	Oscilação do Centro de Massa
COP	Deslocamento da Oscilação Total
CP	Controle Postural
DOT	Deslocamento da Oscilação Total
GUG	<i>Get up and Go</i>
EUA	Estados Unidos da América
Hz	Hertz
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IQR	Intervalo Quartílico
mm	Milímetro
ONU	Organização das Nações Unidas
SIH	Sistema de Informação Hospitalar
SNC	Sistema Nervoso Central

SUS	Sistema Único de Saúde
TC10m	Teste de Caminhada de 10 metros
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TUG	<i>Time up and go</i>
Vmap	Velocidade Média antero-posterior
VMml	Velocidade Média médio-lateral
VMT	Velocidade média total
WMA	World Medical Association

I. INTRODUÇÃO

A Engenharia Biomédica propõe a integração entre as áreas de exatas, tecnológica e saúde visando encontrar soluções e mecanismos que possibilitem a aplicação de tecnologias voltadas para problemas específicos, proporcionando um desenvolvimento e uma prestação de serviço diferenciada para a área de saúde, e com a população idosa, no aspecto do envelhecimento essa proposta de interação também acontece (Fozard *et al.*, 2000).

Entre 1988 e 1992 pesquisadores nas áreas da tecnologia e envelhecimento contribuíram para criação do termo Gerontotecnologia fixando-se assim a área interdisciplinar de pesquisa e aplicação, no qual a Gerontologia e as ciências técnicas colaboram em favor do envelhecimento e das pessoas idosas valendo-se ainda pensar que as tecnologias podem ter um efeito preventivo visando à diminuição de possíveis perdas causadas pelo envelhecimento (Fozard *et al.*, 2000).

Uma preocupação constante da humanidade tem sido o processo de envelhecimento e sua consequência natural, a velhice. Associada a essa etapa da vida, soma-se ainda a inquietação referente às possíveis consequências decorrentes desse processo, em especial a incapacidade funcional (Maresova *et al.*, 2019).

O envelhecimento é um processo complexo que exige uma atenção integral à saúde da pessoa idosa, conforme recomenda a Organização Mundial da Saúde (OMS), tendo como foco não apenas o tratamento de doenças, mas também na prevenção de doença e promoção do bem-estar físico, psíquico e social, ou seja, a qualidade de vida. A atenção deve ser multidimensional sendo fundamental a atuação de uma equipe multiprofissional além de múltiplas abordagens que englobem todos os aspectos da saúde, enfatizando-se também modelos de avaliações multidimensionais (OMS, 2015; Dziechciaż e Filip, 2014).

No Brasil, assim como nos demais países em desenvolvimento a população idosa é caracterizada a partir dos 60 anos, e esse critério cronológico é adotado na maioria das instituições que procuram dar aos idosos atenção à

saúde física, psicológica e social. Além do conceito acerca da idade biológica ainda existe o conceito de idade funcional, que está relacionado com o grau de conservação do nível de capacidade adaptativa em relação a idade biológica (Freitas e Py, 2013).

A capacidade funcional, por sua vez, é definida como a habilidade para realizar atividades que possibilitam o autocuidado assim como viver de forma independente, sendo a qualidade de vida satisfatória relacionada à possibilidade da realização das funções e atividades de vida diárias básicas de forma adequada e independente e sua manutenção constitui-se como principal parâmetro para a avaliação de saúde e qualidade de vida no envelhecimento (Campos *et al.*, 2016; Maresova *et al.*, 2019).

As abordagens atuais de diagnóstico podem apresentar eficácia limitada ou mesmo subjetividade na detecção precoce de alterações de equilíbrio, controle postural e marcha, fatores intimamente relacionados à capacidade funcional e à autonomia. Nesse contexto, torna-se pertinente a inserção de novas propostas de protocolos de avaliação que incorporam tecnologias e técnicas diferenciadas, capazes de oferecer informações relevantes sobre possíveis patologias e alterações funcionais (Brasil, 2015).

Além disso, tais propostas permitem uma caracterização mais abrangente do idoso dentro das múltiplas possibilidades presentes no processo de envelhecimento, possibilitando que os profissionais de saúde atuem de forma preventiva. Essa abordagem contribui ainda para um prognóstico e julgamento clínico mais adequado, que serve de base para decisões sobre tratamentos e cuidados necessários às pessoas idosas, podendo, por fim, ser utilizado para determinar a efetividade e a eficiência das intervenções propostas (Brasil, 2015).

O envelhecimento é uma realidade das sociedades, estima-se para o ano de 2050 que existam cerca de dois bilhões de pessoas com sessenta anos ou mais no mundo, a maioria delas vivendo em países em desenvolvimento (Marzo *et al.*, 2023; United Nations and Department of Economic and Social Affairs, 2019).

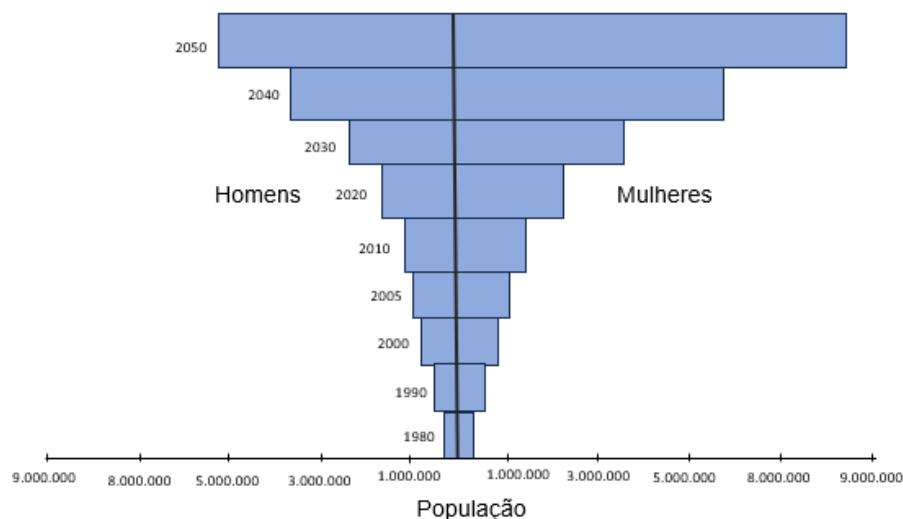


Figura 1: População Brasileira de 80 anos ou mais por sexo, 1980-2050.
Fonte: adaptado IBGE, 2022.

A população do Brasil é uma das que mais cresce no mundo, e vem passando por um processo de envelhecimento populacional, que significa que a proporção de pessoas com 60 anos ou mais está aumentando em relação aos grupos mais jovens. Esse fenômeno é resultado da melhoria das condições de vida, da queda das taxas de natalidade e mortalidade e do aumento da expectativa de vida. Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua – Características dos Moradores e Domicílios, divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 2012 a 2017 ocorreu um crescimento de 18% da população idosa no Brasil, chegando a um total de 30,2 milhões de pessoas, totalizando 14,7% da população brasileira com 60 anos ou mais no ano de 2021.

Para 2030 projeções apontam que a população idosa superará a de crianças e adolescentes, e em 2050 representará 30% da população brasileira. O envelhecimento populacional, ou seja, quando há um período no qual a taxa de crescimento da população idosa supera a da população mais jovens impactando esse grupo populacional sob a dinâmica demográfica do país, afeta a vida dos indivíduos, as estruturas familiares, a demanda por políticas públicas e a distribuição de recursos na sociedade. A tendência é que o Brasil se torne um país cada vez mais envelhecido nas próximas décadas, o que traz desafios e oportunidades para as políticas públicas, a economia e a sociedade (IBGE, 2015).

Já é de conhecimento que os idosos sofrem de deficiências múltiplas que fazem parte do processo natural de envelhecimento, apresentando declínio multifuncional como alteração/perda multissensorial, fraqueza muscular, restrições ortopédicas, além de algumas mudanças relacionadas a abordagem cognitiva, fatores esses que, sejam isoladamente ou conjuntamente, levam esse grupo populacional ao risco de quedas (Shumway-Cook *et al.*, 2000; Wrisley e Kumar, 2010).

Segundo Lima *et al* (2022) as quedas são o acidente doméstico mais comum dentre os idosos. Cerca de 60% a 70% das quedas acontecem em domicílios ou seus arredores, e 30% das pessoas com mais de 65 anos e 50% daquelas acima de 80 anos sofrem ao menos uma queda anual. Em um levantamento realizado no Sistema de informação hospitalar do Sistema único de saúde (SIH/SUS), foram registradas 1.746.097 autorizações de internação hospitalar (AIH) por quedas em idosos no Brasil, no período de 2000 a 2020, o que correspondeu a um custo de R\$ 2,3 bilhões de reais para o sistema de saúde. Além dos custos diretos, as quedas ainda apresentam custos indiretos em decorrência de mortes precoces, incapacidade laboral, perda ou redução de produtividade por limitações físicas e/ou afastamentos temporários ou definitivos do trabalho (Lima *et al.*, 2022).

Esses dados direcionam no que diz respeito a definição de políticas públicas e investimentos, principalmente com estratégias que visem a prevenção específica para a população vulnerável, se fazendo necessário o aprofundamento em pesquisas para validação de diferentes métodos avaliativos e intervenções terapêutica dentre das tecnologias e protocolos de avaliação que possibilitem abordagens e estratégias preventivas, além de integrá-las nas tomadas de decisões clínicas por profissionais da saúde (Andela *et al.*, 2015; Hamczyk *et al.*, 2020; Laurent *et al.*, 2019; Mokhatri-Hesari e Montazeri, 2020).

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Processo de Envelhecimento

O processo de envelhecimento é heterogêneo, podendo acontecer de diferentes maneiras conforme variação de sexo, raça, aspectos socioeconômicos e culturais. A Organização Mundial de Saúde (OMS) define o envelhecimento como o desenvolvimento e manutenção da capacidade funcional, ou seja, o indivíduo possuir os atributos que o permitam ser e fazer o que é importante para si, viabilizando o bem-estar na idade avançada (OMS, 2015).

O crescimento da população idosa foi um dos pilares para o aumento do interesse nas pesquisas e estudos sobre o processo de envelhecimento a partir do momento em que houve demanda acerca da compreensão da velhice e dos indivíduos idosos. Em 1903 Elie *Metchnikoff* cientista, defendeu a ideia da criação de uma nova especialidade, a gerontologia, denominação obtida a partir dos termos gregos (*géron* (velho, ancião) e *-logia* (estudo)), propondo estudos exclusivos acerca do envelhecimento, da velhice e dos idosos, porém sem grandes avanços (Freitas & Py, 2013). Anos depois, o estudo da velhice pela gerontologia se concretizou através do médico *Ignatz L. Nascher*, o qual estimulou pesquisas sociais e biológicas sobre o envelhecimento, que contribuíram massivamente para o conhecimento relacionado a essa fase da vida.

Essas pesquisas demonstram que com o passar dos anos alterações estruturais e funcionais ocorrem de forma variada nos idosos caracterizando o processo de envelhecimento. Contudo, durante muitos anos as pesquisas sobre o envelhecimento se limitaram aos aspectos biológicos do envelhecimento e da velhice, sendo que já se demonstrava a importância de uma avaliação multidimensional e a importância da interdisciplinaridade (Cameron *et al.*, 2010; Deschodt *et al.*, 2013).

A partir da década de 30, nos Estados Unidos (EUA), as projeções demográficas indicavam um acelerado processo de envelhecimento da

população o que somado ao interesse em estudar os idosos deram forças ao crescente número de pesquisas sobre o tema, sendo que até 1979 o aumento foi de 270%. Já em 1990 surgiram estudos com outras abordagens propiciadas pelas demandas sociais associadas ao envelhecimento populacional e à longevidade (Freitas e Py, 2013).

O processo de envelhecimento que sofria destaque nos países desenvolvidos a partir de promoção da Organização das Nações Unidas (ONU) e da Organização Mundial da Saúde (OMS) despertou interesse no Brasil, sendo que em 1968 foi fundada a Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia (SBGG) e em 2003 foi criado o Estatuto do Idoso sob a Lei nº 10.741 (Brasil, 2022).

Assim como se desenvolveu a geriatria no campo médico, a gerontologia, envolvendo múltiplos profissionais dedicados às questões do envelhecimento e velhice teve seu florescer tendo por objetivo a descrição e o estudo do processo de envelhecimento nos seus mais variados aspectos, sendo por natureza multidisciplinar e interdisciplinar, atuando assim, como na geriatria, na prevenção e intervenção a fim de garantir a melhor qualidade de vida possível dos idosos até o momento final da sua vida (Alkema e Alley, 2006).

O envelhecimento é um processo dinâmico e progressivo, que implica em mudanças morfológicas, funcionais, bioquímicas e psicológicas no organismo que podem influenciar na capacidade de adaptação do indivíduo ao meio ambiente tornando-o mais suscetível ao aparecimento de doenças e aumento do risco de morte. Segundo autores, a velhice evidencia algumas características específicas como redução da capacidade funcional, alterações motoras como redução de força e resistência muscular entre outras, além de alterações no campo psicossocial, e o sistema nervoso central (SNC) responsável por funções fundamentais como sensibilidade e percepção, movimentação voluntária e involuntária e funções vegetativas, é o sistema do corpo que mais sofre comprometimentos com o processo do envelhecimento (Manor e Lipsitz, 2012).

Anatomicamente com processo de envelhecimento observa-se atrofia cortical com redução do volume em cerca de 10% entre 40 e 86 anos no córtex

para-hipocampal, 21,4 a 36,8% entre 35 anos e 60 anos, no núcleo lentiforme, e 24,6% no núcleo caudado e ainda alargamento e aprofundamento do sulcos cerebrais, com hipotrofia mais acentuada nos lobos frontal e temporal, redução da largura dos giros, e na substância branca verifica-se redução nas partes anteriores do corpo caloso, alargamento e aumento do volume médio dos ventrículos, aumento liquórico e espessamento das meninges, atrofia das três camadas corticais cerebelares e diminuição de células de Purkinje, redução do número de neurônios em núcleos da base sendo maior em corpo estriado, alterações em demais núcleos e tronco cerebral além dos vasos cerebrais que sofrem uma degeneração decorrentes de placas de gordura. No sistema nervoso periférico é possível observar alteração dos nervos periféricos ocorrendo redução da mielina nos nervos sensoriais. Achados esses que por si só justificam alterações na mobilidade funcional, ou seja, em aspectos como controle postural e marcha utilizadas na vida cotidiana (por exemplo, sentar-se e levantar de uma cadeira, caminhar, virar) além de equilíbrio, controle motor, alterações sensoriais, entre outras que podem levar a diminuição da capacidade funcional dos idosos (Anderton, 2002; Bethlehem *et al.*, 2022).

Contudo essas alterações decorrentes do envelhecimento não acontecem somente no SNC, envolvendo também outros sistemas do corpo em diferentes estágio e em diferentes períodos do processo de envelhecimento, com evoluções em ritmos diferentes em cada indivíduo sob influência genética e de fatores ambientais (Manor e Lipsitz, 2012).

O envelhecimento também está associado a inúmeras alterações no sistema neuromuscular que são acompanhadas por um declínio geral no desempenho motor, ocasionando diminuição na força muscular e ainda alterações do centro de pressão durante a posição vertical estática o que pode impactar no controle postural. Para a realização das atividades de vida diária, ou seja, a realização de tarefas como tomar banho, se alimentar, subir escadas entre outras é necessário além de outros requisitos, que essas funções estejam adequadas (Henry e Baudry, 2019; Shaffer e Harrison, 2007; Van Impe *et al.*, 2012, 2013).

A alteração da força muscular, desempenho muscular e perda de massa muscular típica do envelhecimento denomina-se de sarcopenia, ocorrendo provavelmente por perda de neurônios motores alfa, alterações no recrutamento de células musculares e ainda alterações no remodelamento do tecido muscular. Diversos métodos podem ser utilizados para a avaliação de desempenho muscular nas pesquisas como por exemplo os testes de velocidade da marcha, tais como, Teste de caminhada de 10 metros (TC10m) e *Timed up and go test* (TUG) (Perera *et al.*, 2006; Shumway-Cook *et al.*, 2000; Wrisley e Kumar, 2010).

Em indivíduos idosos o sistema sensorial é um outro sistema que sofre mudanças ao longo do processo de envelhecimento, podendo se instalar gradualmente, ao longo de vários anos, e essas alterações podem acentuar ou mesmos desencadear limitações podendo o idoso restringir suas atividades (conscientemente ou não) e ter diminuição e até perda de funcionalidade e independência (Seo *et al.*, 2022).

A sensibilidade ou sistema sensorial tem como uma de suas funções proteger e preservar o indivíduo e a espécie, e ela depende de um sistema sofisticado e complexo, que permite ao organismo perceber e sentir as propriedades do meio externo e suas mudanças, assim como as do seu próprio meio interno. Para a sobrevivência, é preciso sentir o meio externo ou ambiental e responder a ele, principalmente quando ocorrem alterações nocivas. Em relação ao meio interno, ou seja, ao conjunto de condições intimamente ligadas aos fenômenos vitais, de natureza química (metabolismo) ou física (motricidade interna), o organismo dispõe de dois tipos de informações que formam os insumos para sua atividade própria e para a manutenção do equilíbrio somático ideal. Algumas dessas informações são processadas de forma automática, outras alertam o organismo sobre modificações indesejadas, possibilitando o planejamento e a realização das reações corretivas (Luvizutto *et al.*, 2020).

A sensibilidade pode ser dividida conforme a figura 2:

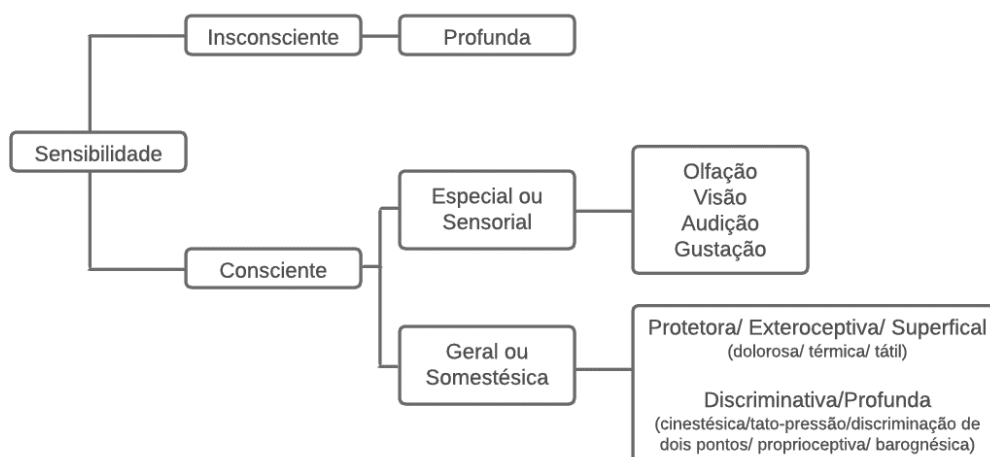


Figura 2: Classificação da sensibilidade.
Fonte: adaptado de Luvizoto (2021).

Na pele podem ser encontrados os corpúsculos de *Pacini*, os corpúsculos de *Meissner*, os discos de Merkel e terminações de *Ruffini*, receptores que fornecem feedback importante sobre o meio ambiente, não sendo considerados proprioceptivos, porém contribuem complementando informações sobre movimentos através de fibras A β mielinizadas médias ou tipo II. As terminações nervosas livres estão localizadas por toda a pele e fornecem informações sobre toque áspero, dor e temperatura. As informações das terminações nervosas livres são transmitidas por fibras finas (A δ) ou não mielinizadas (C). Pressão, cinestesia propriocepção, estereognosia, barognosia, discriminação em dois pontos, grafestesia e reconhecimento de texturas são consideradas sensibilidades discriminativas.

Com relação a planta do pé seus receptores são sensíveis às pressões de contato e mudanças na distribuição da pressão o que somado a informações somatossensoriais podem exercer influência em aspectos proprioceptivos como a posição do corpo em relação à superfície de apoio. A consciência da movimentação articular no espaço assim como a capacidade de identificar angulações das mesmas são denominadas de propriocepção e sensibilidade cinestésica, e estas são desenvolvidas por meio de aprendizagem e conhecimento além do amadurecimento do esquema corporal e que sofrem declínio com avançar da idade, podendo ainda (Carey *et al.*, 2002; Henry e Baudry, 2019; Kennedy e Inglis, 2002).

As informações sensoriais utilizadas para o controle postural são provenientes do sistema vestibular (orelha interna), da visão e da propriocepção. O sistema vestibular realiza o processamento das informações geradas pelos órgãos vestibulares no ouvido interno que por fim se projetam para núcleos vestibulares e depois se espalham pelo encéfalo. A informação sensorial proveniente do sistema vestibular tem como função possibilitar a coordenação do movimento do olhos e da cabeça, estabilizar os olhos durante a movimentação da cabeça e do corpo tendo ainda influência sob tônus muscular e ajuste posturais (antecipatórios e compensatórios) e assim contribuir com ajustes na postura afim de se manter o equilíbrio.

Aproximadamente aos 40 anos de idade os adultos podem começar a apresentar perda das informações do sistema vestibular, estudos indicam que a perda progressiva das células ciliadas e a diminuição na função vestibular estão correlacionadas com um aumento no risco de quedas e outras complicações relacionadas ao equilíbrio em idosos. A adaptação do SNC para utilizar informações visuais e proprioceptivas é uma resposta essencial para compensar essa perda sensorial vestibular e como forma de compensação o SNC passa a utilizar as informações dos outros sistemas sensoriais, ou seja, sistema visual e a propriocepção (Anson e Jeka, 2016; Badakva *et al.*, 2023; Dominguez, 2020; Peterka, 2002).

A propriocepção como citado anteriormente é a capacidade de sentir as articulações assim como identificar posição e movimento angular, amplitude e velocidade de movimento além da tensão nos tendões, sendo a entrada sensorial dos receptores dos fusos musculares, tendões e articulações, e, essas informações proprioceptivas dos membros inferiores são a principal fonte de informação para o controle postural, uma vez que variações do comprimento dos músculos resultam em oscilações ao redor do tornozelo que são detectadas pela sutil sensibilidade dos receptores lá localizados, sendo portanto o limiar proprioceptivo mais baixo para a percepção da oscilação corporal durante a posição vertical em comparação com os sistemas visual e vestibular (Henry e Baudry, 2019; Van Impe *et al.*, 2012, 2013).

Os fusos neuromusculares são a principal fonte de informação proprioceptiva relacionado ao controle postural, podendo este identificar mínimas oscilações corporais que resultam das mudanças no comprimento dos músculos dos membros inferiores com a finalidade de manutenção da postura ereta. Esses receptores se aloca dispersamente no ventre muscular e quando ocorre alongamento da musculatura esses também se alongam gerando um potencial de ação nas fibras aferentes fazendo sinapse com neurônios motores alfa e interneurônios e, também transmitindo informações proprioceptivas ao córtex sensório-motor e ao cerebelo. A iniciação de um movimento é antecedida pelo reconhecimento das posições e de movimentos de seguimentos corporais, informações, essas, fornecidas por receptores que alimentam o mecanismo de feedback neuromuscular no SNC o qual poderá realizar ajustes acerca de suas demandas de movimento, possibilitando assim padrões adequados de movimentos (Henry e Baudry, 2019; Martimbianco *et al.*, 2008).

Aspectos do equilíbrio e controle postural podem sofrer grande influência da deterioração dos estímulos sensoriais. O processo de envelhecimento está associado a alterações dos fusos musculares e de suas vias neurais, que induzem a diminuição da sensibilidade, acuidade e integração das aferências proprioceptivas, podendo levar a perda do senso angular articular, alterações motoras, musculares, alterações de equilíbrio e controle postural, alterações na marcha e nas atividades de vida diária, ou seja, na funcionalidade do indivíduo que passam a ter maior dependência do sistema visual. Goble *et al.*, demonstraram que idosos tem alterações de propriocepção e de controle postural influenciado pelas alterações nos fusos musculares e seus aferentes, e sua integração com a modulação medular (2011 e 2012) (Goble *et al.*, 2011, 2012; Martimbianco *et al.*, 2008; Whitehead *et al.*, 2003).

2.2 Controle Postural

A evolução do apoio ereto na posição vertical e da marcha em associação com o uso das mãos de forma seletiva representam o requisito básico do desenvolvimento (Dietz, 2002). E à medida que as tarefas se tornam complexas há necessidade maior de uma habilidade especializada em evitar-se ou

minimizar-se o deslocamento do centro de massa corporal e assim possibilitar a execução segura e eficaz do movimento, sendo essa habilidade característica do controle postural (Frank, 1990).

O controle postural (CP) emerge da interação de vários sistemas dentro do indivíduo organizado de acordo com as exigências da tarefa e condicionado por fatores ambientais (Figura 3).



Figura 3: Interação no controle postural.
Fonte: autor, 2024.

O sistema sensorial, formado pelos sistemas vestibular, visual e proprioceptivo; o SNC e o sistema musculoesquelético compõem o sistema de controle postural. Uma vez que esse sistema é aferência para diversas fontes de informações, alterações ou deterioração de uma dessas entradas pode ser compensada por outra ou então essas aferências podem com a deterioração, por exemplo como a causada pelo processo de envelhecimento, gerar informações conflitantes que chegarão para o sistema de controle postural (Badakva et al., 2023; Frank 1990).

O controle postural é composto por dois constructos (conjuntos de valores de referência) um relacionado à orientação dos segmentos corporais, a orientação postural, e o outro relacionado à estabilidade postural do corpo como um todo (controle de equilíbrio), que são estabelecidas a partir de múltiplos estímulos sensoriais (visão, sistema vestibular, propriocepção, receptores cutâneos, graviceptores) que são integrados para formar o esquema corporal ou representação interna do corpo, que inclui vários componentes, a saber, geometria e cinética do corpo, representação da verticalidade e sistema de referência. Além disso, alças de feedback corretivas para o controle postural atuam como sensores de detecção de erros para avaliar o desvio entre a

orientação e a estabilidade prescritas e a postura real (figura 4) (Blumle 2006; Massion, 1994; Peterka, 2002).

Múltiplos inputs chegam ao sistema postural, sendo processados e integrados e um plano de ação apropriado é decidido pelo sistema nervoso central, e executado pelo sistema musculoesquelético regulando a postura e o movimento do corpo (Badakva *et al.*, 2023; Blümle 2006).

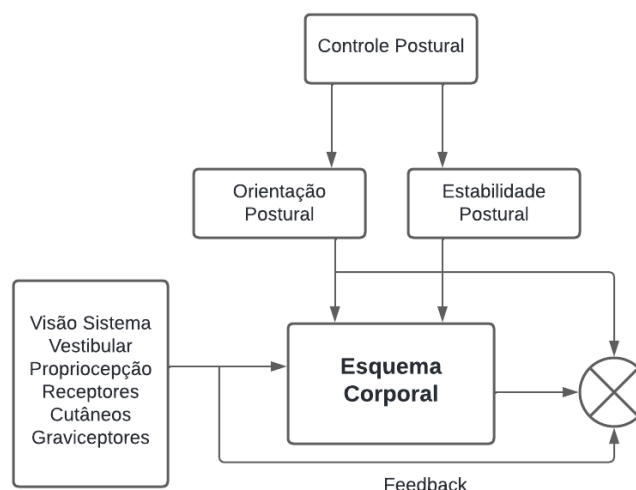


Figura 4: Esquema do sistema de controle postural.
Fonte: Adaptado Massion (1994).

Segundo com Horak e Macpherson (1996), a orientação postural envolve o controle ativo do alinhamento corporal e do tônus em relação à gravidade, à base de suporte, ao ambiente visual e às referências internas. Esse controle é influenciado pelos sistemas visual, somatossensorial, vestibular e pelo esquema corporal. A estabilidade postural, por sua vez, refere-se à manutenção do centro de gravidade (COG) dentro da base de suporte (polígono delimitado pelas bordas laterais dos pés) durante movimentos autoiniciados ou em resposta a perturbações externas (Horak, 2006; Panzer *et al.*, 1995).

O COG (ou centro de massa- COM) é definido como o ponto onde incide a força gravitacional resultante sobre o corpo (Duarte e Freitas, 2010). Em uma condição de estabilidade o COG percorre a base de suporte e o equilíbrio é mantido, ou seja, o limite de estabilidade corresponde a base de suporte

funcional de um indivíduo, que se encontra diminuída no processo de envelhecimento (Duarte e Freitas, 2010).

Como anteriormente citado, múltiplas informações sensoriais estão envolvidas na organização do controle postural. Além das informações visuais e vestibulares, a informação somatossensorial proveniente dos pés desempenha um papel importante na postura (Blümle *et al.*, 2006; Tramontano *et al.*, 2019). Kavounoudias (2001) sugeriu que variações da pressão sob a sola do pé modifica as respostas posturais (Kavounoudias, 2001). Foyse (2016) em seu estudo evidenciou informações vindas da planta do pé, que alimentam o sistema nervoso central e a ineficiência exteroceptiva plantar causa uma assinergia entre informações visuais e aferências plantares influenciando no controle postural (Foisy e Kapoula, 2016, 2017).

Com o envelhecimento uma das alterações que pode ser considerada nesses indivíduos é a degradação da via de informação sensorial que pode influenciar no sistema de controle postural. Simoneau (1995) demonstrou em seu estudo aumento da oscilação corporal em pacientes com neuropatia diabética em comparação a indivíduos saudáveis. Diminuição da sensibilidade na planta dos pés também podem influenciar na instabilidade do indivíduo tanto para caminhar quanto para manter postura ortostática (Foisy e Kapoula, 2017; Simoneau, 1995).

Anormalidades no controle postural é um importante fator de risco para quedas além do impacto na capacidade funcional dos idosos. Com o aumento da preocupação com o envelhecimento populacional evidencia-se também uma crescente atenção ao que se relaciona com os déficits de equilíbrio, uma vez que estes déficits de equilíbrio podem ocasionar quedas, as quais são uma das principais causas de incapacidade, lesões e morte entre os idosos, impactando-os nos sistemas de saúde (Panzer *et al.*, 1995).

As avaliações funcionais, são preconizadas pela Política Nacional de Saúde da Pessoa Idosa através das Diretrizes para cuidado das pessoas idosas do SUS: proposta de modelo de atenção integral, sendo fundamentais para determinar não somente o comprometimento funcional da pessoa idosa, mas

também sua necessidade de auxílio. Entre os diversos aspectos que precisam ser investigados estão: o desempenho da pessoa idosa nas atividades de vida diária; sua vulnerabilidade; mobilidade e sistemas sensoriais. Usualmente, utiliza-se como ferramenta uma avaliação no desempenho das atividades cotidianas ou atividades de vida diária como o Índice de Barthel (Brasil, 2014; Minosso *et al.*, 2010).

Assim como as avaliações de funcionalidade rotineiramente são utilizadas em diferentes avaliações a fim de se obter informações acerca do controle postural, contribuindo para medir a magnitude da disfunção, acompanhar sua evolução e orientação terapêutica, sobretudo em termos de reabilitação e readaptação. As avaliações ainda podem contribuir para elaboração do prognóstico de recuperação ou de deterioração (doenças degenerativas) e oferecem suporte a vários estudos de pesquisa clínica. Algumas das avaliações são subjetivas como teste de Romberg e a Escala Berg (Pérennou *et al.*, 2005). A estabilometria (ou posturografia) é uma técnica de investigação postural baseada na quantificação da instabilidade das oscilações do centro de gravidade que refletem a instabilidade postural através de uma plataforma de forças (Duarte e Freitas, 2010).

2.3 Estabilometria

A estabilometria é uma das ferramentas de baixo custo, não invasiva, e que não demandando insumos. Ela é aplicada na avaliação do controle postural de forma quantitativa medindo a amplitude e frequência de movimentos do centro de gravidade ou centro de pressão do corpo a partir da posição ortostática. Um indivíduo em posição ortostática tem oscilações de seu centro de gravidade em amplitudes e frequências que resultam da ação do sistema sensorio motor com o objetivo da manutenção do controle postural (Piirtola e Era, 2006).

A avaliação estabilométrica consiste na obtenção de informações a respeito da oscilação do indivíduo enquanto ele permanecer em pé sobre a plataforma multissensorial podendo ser dividida em estabilometria estática, quando a postura ereta quieta do sujeito é estudada, e estabilometria dinâmica quando a resposta a uma perturbação aplicada sobre o sujeito é estudada

(Duarte e Freitas, 2010). A técnica vem demonstrando grande importância clínica como meio de diagnóstico complementar uma vez que permite a detecção de alterações sutis nas variáveis relacionadas ao controle postural podendo sugerir informações relevantes a respeito de uma possível patologia e ainda possibilitar que profissionais atuem de forma preventiva (Pérennou *et al.*, 2005).

III. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo foi propor uma abordagem de avaliação funcional através de um conjunto de técnicas correlacionadas- *Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada* - para a população idosa visando um diagnóstico funcional preditivo para a prevenção do risco de quedas.

3.1 Objetivos Específicos

- Avaliar se técnicas: estesiometria, estabilometria e testes de capacidade funcional e marcha, usadas em conjunto caracterizam informações acerca do processo de envelhecimento que o indivíduo se encontra;
- Determinar possível correlação entre as medidas de capacidade funcional na abordagem da população idosa;
- Avaliar se técnicas: estesiometria, estabilometria e testes de capacidade funcional e marcha usadas em conjunto constituem um *Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada* que possibilite a compreensão de informações relevantes sobre capacidade funcional do indivíduo idoso.

3.2 Hipótese

Um protocolo de avaliação, que identifica alterações possivelmente relacionadas às mudanças na capacidade funcional e na autonomia dos idosos, bem como nas características do processo de envelhecimento em que os sujeitos se encontram, possibilitaria que os profissionais de saúde atuassem de forma preventiva e, além disso, contribuiria para um prognóstico e um julgamento clínico mais adequado, proporcionando uma melhor qualidade de vida para a população idosa.

IV. METODOLOGIA

4.1 Comitê de Ética em Pesquisas (CEP)

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética (CEP) CAAE nº 08957419.0.000.5492 (ANEXO II) e assegura a preservação de identidade das pessoas participantes seguindo conformidade com as declarações de política internacionalmente aceitas, em particular, com a Declaração de Helsinki do Código de Ética da Associação Médica Mundial (WMA) e a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, Ministério da Saúde, Brasil.

4.2 Características da População do estudo

Foi realizado um estudo observacional e analítico, o qual, por amostragem não-probabilística, foram recrutados voluntários idosos e voluntários adultos jovens para a realização da coleta de dados. Para as coletas de dados através dos procedimentos experimentais os riscos da pesquisa foram explicados e orientados em detalhes aos participantes do estudo e seu consentimento foi confirmado via assinatura do Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE).

Idosos frequentadores do Centro de Referência do Idoso (Casa do Idoso) no município de São José dos Campos/SP, no período de julho de 2023 a julho de 2024 foram convidados a participar da pesquisa.

Em 2023 foi firmado uma parceria entre a Associação Centro de Inovação, Tecnologia e Educação- *Cité* e a Prefeitura Municipal de São José dos Campos com o objetivo de acesso às instalações, dependências e matérias da Casa do Idoso de São José dos Campos/SP para a execução de um plano de trabalho desenvolvido pelo Projeto INCITES (Instituto Nacional de Ciência, Inovação e Tecnologia para o Envelhecimento Saudável) consistente na realização de atividades destinadas ao desenvolvimento e validação de tecnologias terapêuticas preventivas e paliativas voltadas para melhorar a qualidade de vida dos idosos, desafogar o Sistema Único de Saúde e estimular a geração de novas tecnologias e o crescimento da capacidade da produção industrial na área da saúde para enfrentar tal cenário, tendo como objetivo final construir e consolidar

protocolos clínicos padronizados das tecnologias biomédicas desenvolvidas pela instituição- Termo de Cooperação 03/2023.

A Casa do Idoso é um local de assistência para idosos a partir de 60 anos com áreas comuns para assistência social, educação, esportes, recreação, saúde e lazer com atividades diárias atendendo em média 4500 idosos/mês em suas quatro unidades, o que representa 5,6% da população idosa da cidade, e considerando a média da faixa etária dos sujeitos essa representação é de 20%.

Adultos, jovens, alunos da Universidade Anhembi Morumbi também foram convidados a participarem do estudo.

Critérios de Inclusão

Foram incluídos participantes voluntários com faixa etária entre 60 e 90 anos, dos gêneros masculino e feminino que frequentavam regularmente o centro de convivência Casa do Idoso de São José dos Campos/SP e adultos jovens entre 20-40 anos alunos da Universidade Anhembi Morumbi de São José dos Campos.

Critérios de Exclusão

Foram excluídos sujeitos com histórico de moléstias pregressas como Distúrbio de Movimento, Acidente Vascular Cerebral, Miopatias, Mielopatias, Cerebelopatias e outras condições que em seu curso gerem alterações na marcha e controle postural, indivíduos que apresentassem lesões e/ou ulcerações nos membros inferiores (por exemplo Doença de *Raynaud*, ulcerações decorrentes de DM) ou ainda que fizessem uso de bebidas alcoólicas e cigarros, utilizassem órteses, próteses ou dispositivos de auxílio à marcha, ou ainda que apresentassem alguma alteração de funcionalidade que pudesse vir a interferir nas avaliações.

Vale-se lembrar que os indivíduos idosos recrutados eram frequentadores de centro de referência na qual existia um controle e cuidado relacionados a saúde dos mesmos estando estes assistidos por equipe multiprofissional como enfermeiros, médicos, fisioterapeutas, psicólogos, entre outros profissionais,

portando a presença de doenças crônicas em caráter controlado que não excluía o mesmo do estudo.

4.3 Desenho do estudo

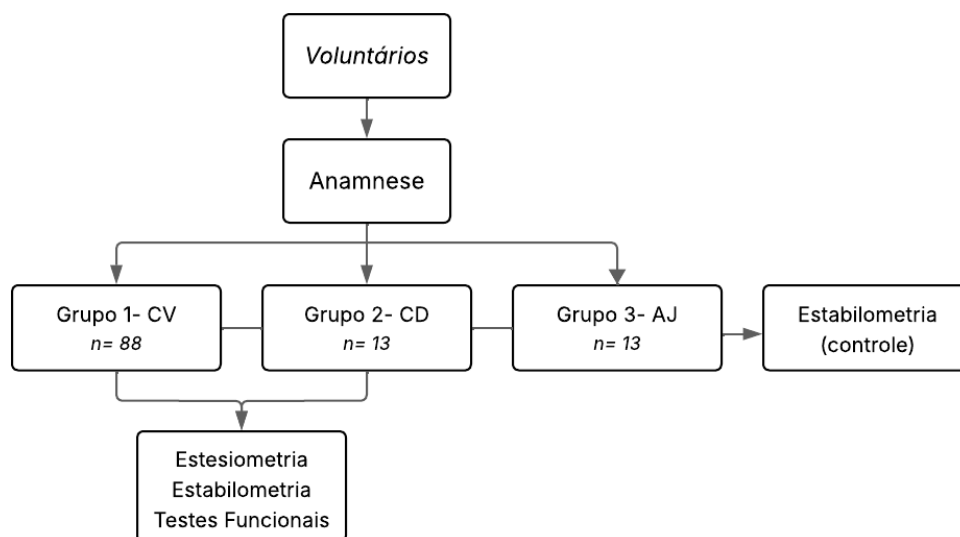


Figura 5: Desenho do estudo.

Fonte: autor, 2024.

Os idosos foram alocados em grupos de acordo com a modalidade que frequentavam o centro de referência para idosos da cidade de São José dos Campos/SP e foram compostos por idosos de 60-90 anos de ambos o sexo.

- Grupo 1- CV ($n=88$) idosos que frequentam o centro apenas para a realização de atividade específicas em dias e horários pré-agendados;
- G2- CD ($n=13$) idosos que passavam o dia no centro de referência, 5 dias da semana das 8:00 às 16:00.

E o grupo de adultos jovens sem comorbidades e com idade entre 20 e 40 anos de ambos os sexos foram denominados de

- Grupo 3- AJ ($n=13$) -adultos jovens (sem comorbidades).

Os sujeitos adultos jovens que compuseram o G3- AJ realizaram apenas a anamnese e estabilometria, sendo esse o grupo utilizado como comparativo

(controle) para a estabilometria dos idosos, os demais testes não foram realizados pois há valores preditos de acordo com faixa etária já descritos na literatura.

4.4 Avaliação

- Anamnese

No primeiro momento foi realizado uma anamnese que incluía informações pessoais, dados para contato, idade, escolaridade, patologias pregressas, medicações e hábitos de vida diária. Caso esse indivíduo apresentasse alguns dos critérios de exclusão ele era desligado da pesquisa.

- Avaliação da Sensibilidade Tátil Cutânea Plantar

Para a avaliação da sensibilidade tátil foi utilizado o monofilamento de *Semmes-Weinstein* 10g, da marca Sorri-Bauru®.



Figura 6: Monofilamento de *Semmes-Weinstein*- estesiometro.
Fonte: google imagens (2024).

O exame sensorial foi realizado conforme recomendações do fabricante em um ambiente calmo e com indivíduo relaxado, de olhos fechados, em decúbito dorsal com ambos os pés nivelados. O monofilamento foi aplicado três vezes perpendicularmente à superfície da pele com força suficiente para curvá-lo mantendo o contato com a superfície da pele por dois (2) segundos. Era perguntado ao indivíduo se o mesmo sentia ou não a pressão do monofilamento.

O Monofilamento de *Semmes-Weinstein* estesiometro é composto por 6 tipos de filamentos, sendo cada um com uma espessura diferente (da menor para a maior) e finalidade específicas. Cada filamento é identificado por uma cor,

e para o teste, é importante seguir uma sequência de aplicação para compreender e analisar a sensibilidade tátil do paciente, essa sequência é explicada no manual disponibilizado pela SORRI-Bauru®, como demonstrado na figura 7 abaixo:

Toque mais leve que se pode sentir no filamento	INTERPRETAÇÃO
Verde (Nominal: 0,07gf)	Sensibilidade dentro dos parâmetros considerados normais para mãos e pés.
Azul (Nominal: 0,02gf)	Redução da sensibilidade na mão, acompanhada de dificuldade para a discriminação fina. Para o pé, a sensibilidade permanece dentro dos parâmetros considerados normais.
Violeta (Nominal: 2,0gf)	Sensibilidade protetora diminuída na mão, mantendo-se suficiente para prevenir lesões. Podendo ser observado dificuldade na discriminação de forma e temperatura.
Vermelho (Nominal: 4,0gf)	Perda da sensação protetora na mão, e ocasionalmente no pé, tornando-os vulneráveis a lesões. Perda da discriminação térmica (quente/frio).
Laranja (Nominal: 10,0gf)	Perda da sensação protetora no pé, mantendo a percepção de pressão profunda e dor.
Rosa (Nominal: 300,0gf)	Perda da sensibilidade à pressão profunda mantida, com possível preservação da percepção dolorosa.
Nenhuma resposta	Perda da sensibilidade à pressão profunda, geralmente associada à ausência da percepção dolorosa.

Figura 7. Protocolo tradicional de mapeamento dos limiares sensitivos (códigos de símbolos e cores).

Fonte: adaptada do fabricante Sorri-Bauru®.

Os pontos de aplicação do monofilamento foram: região plantar de calcâneo, terço médio da borda lateral da região plantar, terço médio da região plantar, cabeça do primeiro, terceiro e quinto metatarso e região plantar da falange distal do hálux em ambos os pés.



Figura 8: Áreas de aplicação de estesiometro.

Fonte: google imagens, 2024.

- Avaliação Funcional

Foram aplicados para a avaliação funcional os testes: *Time Up and Go* e o Teste de Caminhada de 10 metros, que estão descritos a seguir:

Time Up and Go

O *Time Up and Go* (TUG) é uma medida prática de capacidade para mobilidade funcional, possibilitando avaliação do equilíbrio, mobilidade, capacidade de marcha além de ser importante preditor do risco de quedas. O teste consiste em levantar-se de uma cadeira com os braços cruzados sobre tórax e em velocidade confortável andar três (3) metros, virar-se e retornar para sentar-se novamente. O tempo para realização da tarefa é calculado e é o critério de análise, e tempos mais elevados estão relacionados a aumento de risco de quedas (Dibble *et al.*, 2008; Dibble; Lange, 2006). O teste é válido e sensível para ser aplicado em idosos residentes na comunidade, possuindo confiabilidade test-retest (ICC=0,85, além de ICC intra e extra examinadores = 0,99) (Mak e Pang, 2009; Steffen *et al.*, 2008), com alta especificidade para prever não caídores (93,3%) e alta sensibilidade na previsão positiva de quedas (80%).

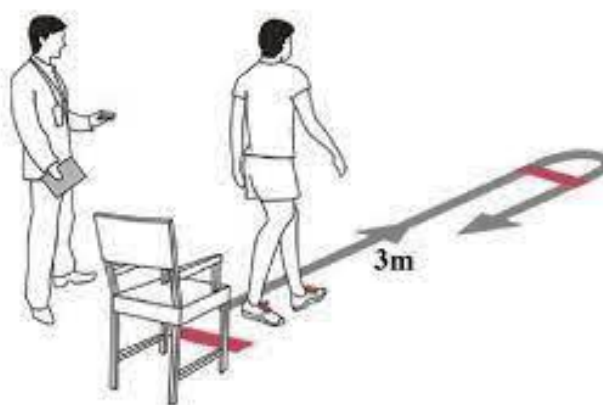


Figura 9: Execução do Time Up and Go.
Fonte: google imagens.

Teste de Caminhada de 10 Metros

O Teste de Caminhada de 10 metros (TC10m) avalia a velocidade de caminhada em metros por segundo durante um curto período, fornecendo também informações a respeito de mobilidade funcional, marcha e do sistema

vestibular. No teste o indivíduo é instruído a caminhar uma distância de 10 metros, os dois primeiros metros não têm tempo mensurado assim como os dois últimos metros, sendo considerados áreas de aceleração e desaceleração, apenas os seis metros entre essas áreas tem a mensuração do tempo. A distância percorrida é dividida pelo tempo que indivíduo levou para percorrer e tem-se a velocidade (Perera *et al.*, 2006a).



Figura 10: Execução do Teste de caminhada de 10 metros.
Fonte: google imagens.

Avaliação de Controle Postural – Estabilometria

A avaliação estabilométrica foi realizada utilizando uma plataforma de força fixa S PLATE (Medicapteurs®, França) com 610 mm de largura e 580 mm de profundidade com área ativa de 400 x 400 mm, onde se encontram 1600 sensores resistivos. Cada sensor mede 0,64 cm², que permitiu uma análise estabilométrica por meio do registro da oscilação do centro de pressão (COP) com frequência de aquisição de 10 Hz.

Coleta de Dados- estabilometria

Para a coleta de dados os participantes receberam instruções prévias, no qual eram instruídos a manter-se sem calçados, em posição ortostática e pés alocados em região de sensível da plataforma com os membros superiores ao lado do corpo mantendo o olhar em um ponto fixo vermelho alocado a um (1) metro de distância. A coleta foi realizada em duas condições: olhos abertos e

olhos fechados, com duração de 15 segundos cada e frequência de aquisição de 10 Hz.

Variáveis Estabilometria

As variáveis foram comparadas entre os grupos estudados que foram:

- “Deslocamento da oscilação total” (DOT) relacionada ao tamanho ou comprimento da trajetória do COP sobre a base de suporte com indivíduo de olhos abertos e fechados;
- Amplitude de deslocamento do centro de pressão que se refere a distância entre o deslocamento máximo e o mínimo do centro de pressão para cada direção;



Figura 11: Imagem representativa sobre a avaliação estabilométrica em idosos em posição ortostática.

Fonte: acervo pessoal.

4.5 Análise Estatística

A análise estatística descritiva foi conduzida e os resultados foram expressos em termos de frequências absolutas (n) e relativas (%) para variáveis categóricas, e de média, mediana, desvio-padrão e intervalo interquartilico (IQR) para variáveis quantitativas.

Análise de comparação foi realizada para avaliar diferenças dos resultados dos testes TUG e TC10m entre os grupos G1- CV e G2- CD. Inicialmente, o teste de *Shapiro-Wilk* foi aplicado para investigar a distribuição

das variáveis quantitativas, sob a hipótese nula de normalidade. O resultado desse teste de hipóteses permitiu decidir quanto ao uso de abordagens paramétricas ou não paramétricas para a comparação entre grupos. Em caso de normalidade, adotou-se o teste *t-Student* para comparação de médias, e caso contrário, o teste de *Mann-Whitney* foi aplicado para comparar os valores entre grupos. A hipótese nula dos testes quando não há diferença entre os grupos avaliados (Weaver et al., 2017).

A relação entre os resultados do teste TUG e do TC10m foram avaliadas por meio de análise de correlação, com o coeficiente de correlação de *Spearman*. Assumindo valores entre -1 e 1, quanto mais próximos destes valores forem os coeficientes, maior será intensidade da correlação linear existente entre as variáveis. Além da intensidade, o sentido da associação também pode ser definido como negativa (-1) ou positiva (1), com base no coeficiente de correlação. Para valores iguais a 0, diz-se que não há correlação linear entre as variáveis. O p-valor do teste apresenta a significância estatística da correlação.

Uma análise de associação foi realizada para comparar as proporções entre variáveis categóricas utilizando o teste exato de *Fisher*. O teste analisa a existência de associação significativa entre duas variáveis categóricas sob a hipótese nula de independência e a hipótese alternativa de dependência (Agresti, 2007).

Os dados da estabilometria foram tratados utilizando o programa Matlab®, e em todos os testes realizados, foi considerado um nível de significância de 5%, de modo que, para $p\text{-valor} \geq 5\%$, não se deve rejeitar a hipótese nula. As análises estatísticas foram conduzidas com o auxílio do software R (R Core Team, 2023).

4.6 Construção do Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada

Com base nos resultados obtidos na análise estatística das possíveis correlações entre os testes apresentados, elaborou-se uma proposta de *Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada*, utilizando tabelas elaboradas em Excel®.

4.7 Artigo Científico/ Estudo 2

A partir de coleta de dados prévias juntamente com coleta de dados descritas acima foi elaborado um segundo estudo aceito para publicação na *Neurological International* intitulado “*High-Accuracy Classification of Parkinson's Disease Using Ensemble Machine Learning and Stabulo-metric Biomarkers*”.

Com o objetivo de desenvolver e avaliar modelos de aprendizado de máquinas capazes de diferenciar, com precisão, indivíduos com Doença de Parkinson de Idosos Saudáveis a partir de um conjunto abrangente de parâmetros biomecânicos derivados da análise da oscilação postural em posição estática, foram realizados em um segundo contexto deste trabalho proporcionando o desenvolvimento de um modelo para futuros trabalhos utilizando a inteligência artificial, estes dados não estão apresentados neste caderno como proposta de estudo, pois entendemos que o desenvolvimento de um protocolo de avaliação com técnicas não invasivas e de baixo custo já consagradas na área da saúde se fazem necessários como possibilidade de ser implementado pelo SUS e por qualquer profissional de saúde que trabalha com idosos (ANEXO I).

V. RESULTADOS

Participaram do estudo 114 indivíduos e todos os participantes completaram todas as etapas das avaliações, e considerando os 101 participantes dos dois grupos de idosos avaliou-se os resultados dos testes de sensibilidade, TUG e TC10m. No geral, foram 90 sujeitos do sexo feminino (89,1%) e 11 do sexo masculino (10,9%). Em termos medianos, a idade dos pacientes foi de 69 anos, o peso de 64,8 kg, com altura de 1,56 m e IMC de 25,6. O tempo mediano no teste TUG foi de 7,7 segundos e a velocidade média de marcha no TC10m foi de 1,1 m/s.

A Tabela 1 mostra a estatística descritiva das variáveis demográficas populacional e os resultados dos testes de TUG e TC10m. O teste de *Shapiro-Wilk* foi aplicado, o que indicou que os resultados do teste de velocidade de marcha seguem uma distribuição normal ($p = 0,16$), enquanto as variáveis de idade, peso, altura, IMC e o resultado do TUG não estão normalmente distribuídas ($p < 0,05$). A idade é significativamente mais alta no grupo G2- CD comparado ao grupo G1- CV ($p = 0,014$) e a distribuição dos sujeitos segundo o sexo é semelhante em ambos os grupos ($p = 0,15$). As variáveis peso ($p = 0,13$), altura ($p = 0,72$) e IMC ($p = 0,091$) não mostraram diferenças significativas entre os grupos.

Tabela 1: Características da população do estudo.

Variável	Categoria	CD	CV	Total	p	Adultos Jovens
Sexo, n (%)	F	10 (11.1)	80 (88.9)	90 (100.0)	0.15	8 (61,5)
	M	3 (27.3)	8 (72.7)	11 (100.0)		5 (38,5)
Idade, mediana (IQR)		75.0 (11.0)	69.0 (10.0)	69.0 (11.0)	0.014	33 (8,2)
Peso (kg), mediana (IQR)		57.5 (23.5)	65.0 (16.8)	64.8 (17.4)	0.13	72 (19,3)
Altura (m), mediana (IQR)		1.5 (0.1)	1.6 (0.09)	1.56 (0.09)	0.72	1,6 (10,3)
IMC, mediana (IQR)		22.8 (5.6)	25.8 (5.4)	25.6 (5.9)	0.091	24 (9,7)
TUG, mediana (IQR)		16.8 (13.3)	7.4 (1.7)	7.7 (2.3)	< 0.001	-
Velocidade, média (DP)		0.6 (0.2)	1.2 (0.3)	1.1 (0.4)	< 0.001	-

Legenda: IMC: Índice de massa corporal; CV: grupo 1; CD: grupo 2; AJ: Adultos jovens; DP: desvio padrão; IQR: intervalo quartílico; (s): segundos; TUG: *Time up and go*. (m/s): metros/ segundos; (kg): quilograma.

Foram identificadas diferenças significativas nos resultados do TUG ($p < 0,001$) e TC10m ($p < 0,001$) entre os grupos. O grupo G2- CD apresentou os piores resultados em ambos os testes. Em comparação ao grupo G1-CV, o grupo G2- CD teve medidas de TUG significativamente maiores e medidas no TC10m significativamente menores. As Figuras 12 e 13 mostram a comparação dos testes TUG e TC10m entre os grupos.

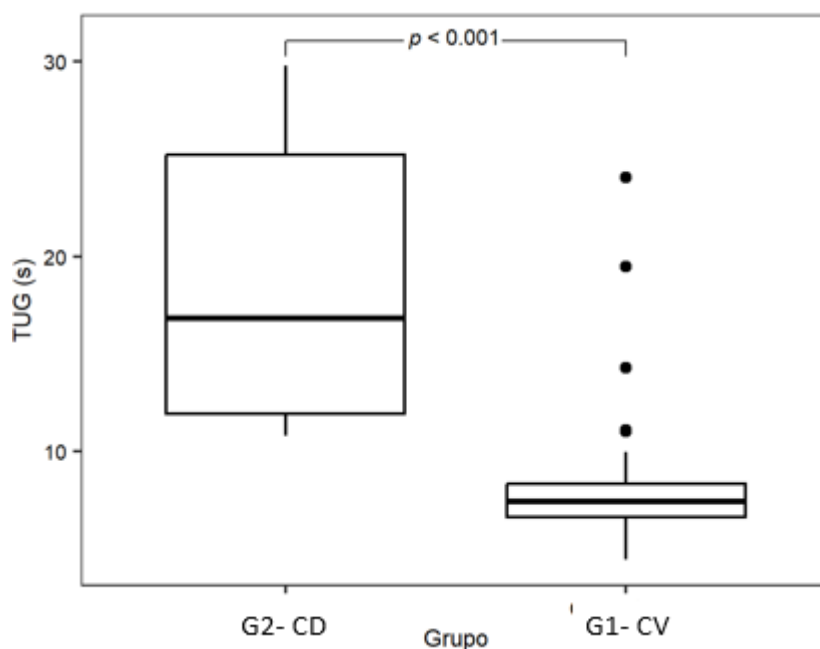


Figura 12: Comparação dos valores de TUG entre os grupos G1- CV e G2- CD. TUG: *Time up and go*. Grupo G2- CD com medidas de TUG significativamente maiores que Grupo G1- CV.

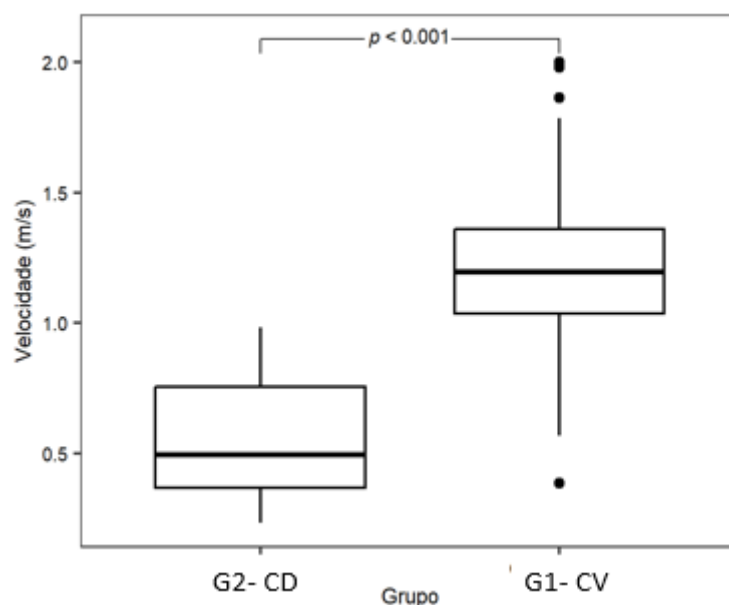


Figura 13: Comparação dos valores do TC10m entre os grupos G1- CV e G2- CD. TC10M: Teste de caminhada em 10 metros. Grupo G2- CD com medidas do TC10m significativamente menores de que Grupo G1- CV.

A Figura 14 mostra o resultado da análise de associação entre os resultados do teste TUG e do TC10m, com o coeficiente de correlação de *Spearman* e o valor p , indicando a significância estatística da correlação. O gráfico evidencia o modelo de regressão não linear ajustado aos dados, para mostrar a tendência geral dos dados. Os resultados sugerem a existência de uma correlação negativa forte ($R = -0,72$) e significativa ($p < 0,001$) entre o tempo e a velocidade de marcha. Estes resultados sugerem a existência de uma associação entre o tempo e a velocidade de marcha nos resultados dos testes dos sujeitos avaliados, de modo que, à medida que a velocidade de marcha aumentou o tempo diminuiu.

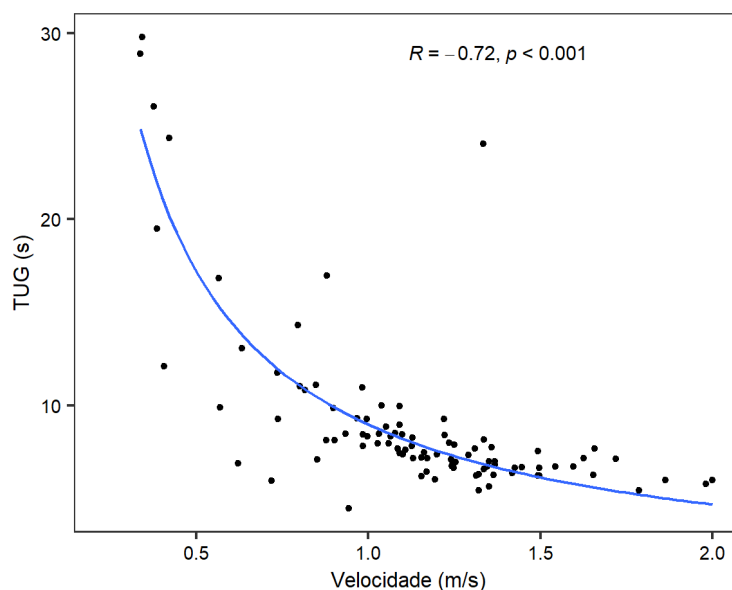


Figura 14: Análise de correlação entre TUG e Velocidade.

O estudo também avaliou o resultado do teste de sensibilidade aplicado aos sujeitos e investigou as alterações identificadas. Foram classificados em “normal” os resultados iguais a 0,2 no teste de sensibilidade e em “alterado” aqueles iguais a 2, 4, 10 ou 300. A Tabela 2 mostra a proporção de alterações no teste de sensibilidade para diferentes pontos do pé, com base em 202 medições realizadas nos 101 pacientes. O ponto mais afetado foi o calcanhar, com 76,7% dos resultados classificados como alterados, seguido por região inferior ao 5º dedo (69,8%), hálux (66,3%), borda Lateral (65,3%), região inferior ao 3º dedo (64,9%) e região inferior ao hálux (61,4%), com taxas de alteração superiores a 60%.

Tabela 2: Proporção de alterações no teste de sensibilidade em cada ponto do pé na população idosa do estudo.

Ponto	Alteração	n (%)
Hálux	Alterado	134 (66.3)
	Normal	68 (33.7)
3º dedo	Alterado	102 (50.5)
	Normal	100 (49.5)
5º dedo	Alterado	102 (50.5)
	Normal	99 (49.0)
	Sem informação	1 (0.5)
Inf. Hálux	Alterado	124 (61.4)
	Normal	78 (38.6)
Inf. 3º dedo	Alterado	131 (64.9)
	Normal	71 (35.1)
Inf. 5º dedo	Alterado	141 (69.8)
	Normal	61 (30.2)
B. Medial	Alterado	102 (50.5)
	Normal	100 (49.5)
B. Lateral	Alterado	132 (65.3)
	Normal	69 (34.2)
	Sem informação	1 (0.5)
Calcanhar	Alterado	155 (76.7)
	Normal	47 (23.3)

Legenda: Inf. Hálux: região inferior ao hálux; Inf. 3º dedo: região inferior ao 3º dedo. Inf. 5º dedo: região inferior ao 5º dedo; B. medial: borda medial do pé; B. lateral: borda lateral do pé.

A Tabela 3 mostra a comparação das proporções de alterações no teste de sensibilidade entre os grupos G1- CV e G2- CD nos diferentes pontos do pé, utilizando o teste de Fisher. Foram identificadas diferenças estatisticamente significativas nos pontos do 5º dedo ($p < 0.001$), borda medial ($p = 0.006$), 3º dedo ($p = 0.020$) e região inferior ao 3º dedo (0.027), com o grupo G2- CD apresentando uma proporção de alterações nessas áreas significativamente maior em comparação ao grupo G1- CV. Na região inferior ao hálux também houve uma maior proporção de alterações no grupo G2- CD, mas essa diferença não atingiu significância estatística ao nível de 5%. Nos outros pontos não foram identificadas diferenças significativas ($p > 0.05$), o que sugere que as alterações de sensibilidade são relativamente semelhantes entre os grupos para esses locais.

Tabela 3: Comparação das proporções de alterações no teste de sensibilidade em cada ponto do pé entre os grupos G2- CD e G1- CV segundo o teste de Fisher.

Ponto	Alteração	CD	CV	P
Hálux, n (%)	Alterado	20 (76.9)	114 (64.8)	0.27
	Normal	6 (23.1)	62 (35.2)	
3º dedo, n (%)	Alterado	19 (73.1)	83 (47.2)	0.020
	Normal	7 (26.9)	93 (52.8)	
5º dedo, n (%)	Alterado	24 (92.3)	78 (44.6)	< 0.001
	Normal	2 (7.7)	97 (55.4)	
Inf. Hálux, n (%)	Alterado	20 (76.9)	104 (59.1)	0.089
	Normal	6 (23.1)	72 (40.9)	
Inf. 3º dedo, n (%)	Alterado	22 (84.6)	109 (61.9)	0.027
	Normal	4 (15.4)	67 (38.1)	
Inf. 5º dedo, n (%)	Alterado	21 (80.8)	120 (68.2)	0.25
	Normal	5 (19.2)	56 (31.8)	
B. Medial, n (%)	Alterado	20 (76.9)	82 (46.6)	0.006
	Normal	6 (23.1)	94 (53.4)	
B. Lateral, n (%)	Alterado	21 (80.8)	111 (63.4)	0.12
	Normal	5 (19.2)	64 (36.6)	
Calcanhar, n (%)	Alterado	21 (80.8)	134 (76.1)	0.80
	Normal	5 (19.2)	42 (23.9)	

Legenda: Inf. Hálux: região inferior ao hálux; Inf. 3º dedo: região inferior ao 3º dedo. Inf. 5º dedo: região inferior ao 5º dedo; B. medial: borda medial do pé; B. lateral: borda lateral do pé. Grupos G1-CV e G2- CD.

A Tabela 4 mostra a comparação dos valores do teste TUG entre os casos alterados e normais no teste de sensibilidade para cada ponto do pé, usando o teste de *Mann-Whitney*. Os valores de TUG foram significativamente maiores para os casos alterados no hálux ($p = 0.005$), 3º dedo ($p < 0.001$), 5º dedo ($p = 0.002$), região inferior ao hálux ($p = 0.015$), borda medial ($p < 0.001$), e borda lateral ($p = 0.010$). Esses resultados indicam que, nesses pontos, os pacientes com alterações de sensibilidade têm valores mais altos no TUG, sugerindo uma maior dificuldade de capacidade para mobilidade funcional. Por outro lado, para região inferior ao 3º dedo, região inferior ao 5º dedo e calcanhar, as diferenças não foram estatisticamente significativas ($p > 0.05$), indicando que as alterações de sensibilidade nesses pontos não têm um impacto significativo no resultado do TUG.

Tabela 4: Comparação dos valores de TUG entre os casos alterados e normais no teste de sensibilidade em cada ponto do pé, segundo o teste de *Mann-Whitney*.

Ponto	Alteração	N	Média	Desvio-padrão	Mediana	IQR	p
Hálux	Alterado	127	9.4	4.7	8.0	2.4	0.005
	Normal	65	8.6	4.9	7.2	1.6	
3º dedo	Alterado	95	10.0	5.4	8.1	2.9	< 0.001
	Normal	97	8.3	4.0	7.2	2.0	
5º dedo	Alterado	94	10.2	5.8	8.1	4.0	0.002
	Normal	97	8.0	3.2	7.3	1.7	
Inf. Hálux	Alterado	115	9.7	5.2	8.0	3.0	0.015
	Normal	77	8.3	4.1	7.2	1.8	
Inf. 3º dedo	Alterado	121	9.5	5.1	7.8	2.5	0.100
	Normal	71	8.4	4.3	7.3	1.8	
Inf. 5º dedo	Alterado	132	9.6	5.4	7.8	3.1	0.12
	Normal	60	8.0	2.8	7.4	1.6	
B. Medial	Alterado	94	10.5	6.1	8.2	3.5	< 0.001
	Normal	98	7.8	2.6	7.2	1.7	
B. Lateral	Alterado	125	9.5	4.9	8.0	3.0	0.010
	Normal	66	8.4	4.5	7.2	1.6	
Calcanhar	Alterado	145	9.0	4.4	7.8	2.4	0.29
	Normal	47	9.3	5.8	7.2	1.9	

Legenda: Inf. Hálux: região inferior ao hálux; Inf. 3º dedo: região inferior ao 3º dedo. Inf. 5º dedo: região inferior ao 5º dedo; B. medial: borda medial do pé; B. lateral: borda lateral do pé; IQR: intervalo quartílico.

A Tabela 5 mostra a comparação dos valores de velocidade de marcha entre os casos com alterações e normais no teste de sensibilidade para cada ponto do pé, utilizando o teste *t* - *Student*. As médias de velocidade foram significativamente menores para os casos alterados nos pontos 3º dedo ($p = 0.003$), 5º dedo ($p < 0.001$), região inferior ao hálux ($p = 0.033$), região inferior ao 3º dedo ($p = 0.031$), região inferior ao 5º dedo ($p = 0.020$), borda medial ($p < 0.001$), e borda lateral ($p = 0.007$). Estes resultados sugerem que os pacientes com alterações na sensibilidade têm médias de velocidade de marcha significativamente menores em vários pontos do pé, indicando uma velocidade de marcha reduzida. No hálux, também houve uma menor velocidade no grupo alterado, mas essa diferença não atingiu significância estatística ao nível de 5% ($p = 0,054$). Além disso, no calcanhar as diferenças não foram estatisticamente significativas ($p = 0.84$), indicando que as alterações de sensibilidade nesse ponto específico não têm um efeito significativo na velocidade de movimento.

Tabela 5: Comparação dos valores de velocidade (TC10m) entre os casos alterados e normais no teste de sensibilidade (estesiometria) em cada ponto do pé, segundo o teste *t- Student*.

Ponto	Alteração	N	Média	Desvio-padrão	Mediana	IQR	p
Hálux	Alterado	129	1.09	0.36	1.09	0.41	0.054
	Normal	63	1.20	0.35	1.29	0.38	
3º dedo	Alterado	97	1.05	0.37	1.09	0.49	0.003
	Normal	95	1.20	0.33	1.22	0.33	
5º dedo	Alterado	97	1.03	0.37	1.08	0.51	< 0.001
	Normal	94	1.23	0.32	1.22	0.31	
Inf. Hálux	Alterado	116	1.08	0.38	1.09	0.50	0.033
	Normal	76	1.19	0.32	1.22	0.32	
Inf. 3º dedo	Alterado	124	1.09	0.37	1.09	0.47	0.031
	Normal	68	1.20	0.32	1.22	0.29	
NF 5º dedo	Alterado	134	1.09	0.38	1.10	0.48	0.020
	Normal	58	1.21	0.30	1.19	0.29	
B medial	Alterado	97	1.03	0.39	1.09	0.51	< 0.001
	Normal	95	1.23	0.30	1.22	0.30	
B lateral	Alterado	127	1.08	0.36	1.10	0.47	0.007
	Normal	64	1.22	0.34	1.24	0.31	
Calcanhar	Alterado	147	1.12	0.35	1.13	0.43	0.84
	Normal	45	1.14	0.39	1.22	0.38	

Legenda: Inf. Hálux: região inferior ao hálux; Inf. 3º dedo: região inferior ao 3º dedo. Inf. 5º dedo: região inferior ao 5º dedo; B. medial: borda medial do pé; B. lateral: borda lateral do pé; IQR: intervalo quartílico.

Com relação a estabilometria, ao ser avaliado a amplitude do deslocamento do COP antero-posterior verificou-se uma diferença significativa (*) com $P = 0,013$ para o grupo G2-CD, a AdCOP AP foi maior nesse grupo quando comparada aos demais grupos. E foi encontrada uma diferença significativa (*) $p = 0,02$ para o grupo G2- CD para a amplitude do deslocamento do COP médio-lateral sendo essa amplitude maior nesse grupo quando comparada aos demais (figura 15).

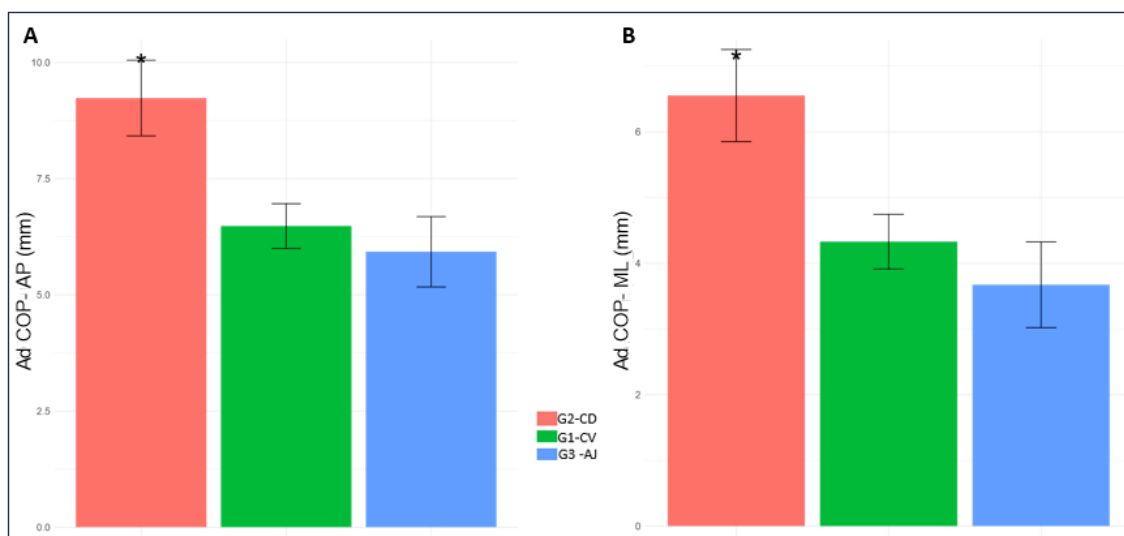


Figura 15: **A:** Amplitude do deslocamento do centro de pressão (COP) antero-posterior (AP) em milímetros. **B:** Amplitude do deslocamento do centro de pressão (COP) médio-lateral (ML) em milímetros. Grupos: G1-CV; G2- CD, G3- Adultos jovens. AP: antero-posterior. ML: médio-lateral.

Com relação ao DOT, identificou-se uma diferença significativa (*) $p=0,02$ para o grupo G2-CD quando comparado aos demais grupos, demonstrando um maior deslocamento da oscilação total apresentados na figura 16.

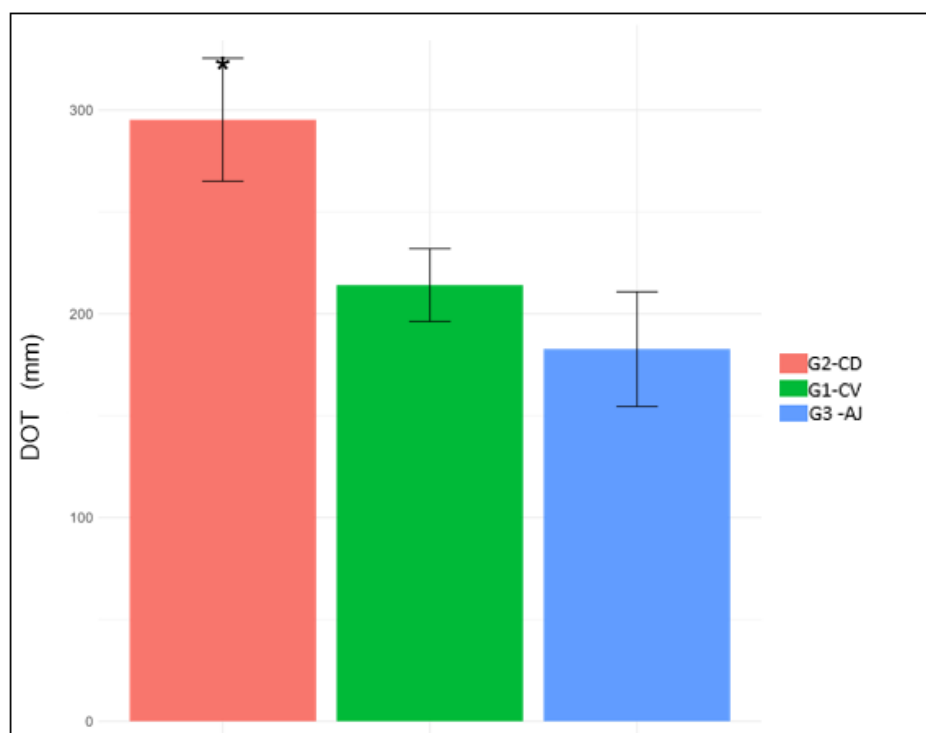


Figura 16: Deslocamento da oscilação total (DOT) em milímetros, apresentando diferença significativa (*) $p=0,02$ para o grupo G2- CD. Grupos: G1-CV; G2- CD, G3- Adultos jovens.

A partir das análises apresentadas anteriormente foi elaborado uma sugestão de *Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada* apresentado a seguir.

 Universidade Anhembi Morumbi	 CENTRO DE INOVAÇÃO, TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO	 ecossistema ânima
Protocolo Combinado de Avaliação		
Programa de Pós Graduação <i>Stricto Sensu</i> Universidade Anhembi Morumbi (UAM)		
Nº CAAE: 08957419.0.000.5492		
Informações pessoais		
Nome:		Data:
Endereço:		Contato:
Data de nascimento:		Sexo: ☐ Masculino ☐ Feminino
Atenção: As informações preenchidas neste formulário é de caráter sigiloso.		
Instrumento de Avaliação		
1. TIME UP AND GO		
Pontuações de corte que indicam risco de quedas por população		
Tempo em segundos mensurado	segundos	
Menor risco de quedas	<13,5s	
Idosos que vivem na comunidade	>13,5s	DAM ☐ NÃO
Idosos frágeis	>32s	
2. TESTE DE CAMINHADA DE 10 METROS		
Preditivos de velocidade de marcha		
Velocidade de marcha mensurada	m/s	
Homens 60- 69 anos	1,26- 1,41*	
Homens 70- 79 anos	1,21- 1,32*	
Mulheres 60-69 anos	1,18- 1,30*	DAM ☐ NÃO
Mulheres 70-79 anos	1,07- 1,19*	
	*m/s	
3. ESTESIOMETRIA		
Pontuações de corte que indicam risco de quedas por população		
(marcar x)		
	Pé Direito Pé Esquerdo	
	Hálux	
	3º dedo	
	5º dedo	
	Inf hálux	
	Inf 3º	
	Inf 5º	
	B. lat	
	B. med	
	Calc	
0,2		
2 ou 4		
10 ou 300		
	Direito Esquerdo	

Figura 17: Parte 1 do *Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada*.
Fonte: autor (2025).

 Universidade Anhembi Morumbi		
Protocolo Combinado de Avaliação		
Programa de Pós Graduação <i>Stricto Sensu</i> Universidade Anhembi Morumbi (UAM)		
Nº CAAE: 08957419.0.000.5492		
4. ESTABILOMETRIA		
Ad COP AP >5,5 mm 5,5- 6 mm 6- 10mm 	Ad COP ML >4 mm 4- 4,5 mm 4,5- 6,5 mm 	DOT >200mm 200-325 mm 250-300 mm
Relatório de Capacidade Funcional e Riscos de Queda		
Paciente, , sexo de anos, realizou os seguintes testes de capacidade funcional apresentando os seguintes resultados:		
Em TUG, realizou a tarefa dispositivo de auxílio a marcha, com tempo de segundos		
estando acima do valor de corte para risco de quedas considerado funcional para adultos idosos, representando risco aumentado para quedas.		
No TC10m, a velocidade de marcha apresentada foi de m/s, valor considerado		
do limites inferior ao predito para idosos do sexo masculino nesta faixa etária.		
Na avaliação da sensibilidade foi identificado:		
Referências Bibliográficas: Amiridis et al., 2003; Andreato et al., 2020; Machado et al., 2017; Toledo e Barela, 2014		

Figura 18: Parte 2 do *Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada*.
 Fonte: autor (2025).

VI. DISCUSSÃO

Buscou-se nesse estudo estabelecer um protocolo de avaliação que identificasse alterações que poderiam estar relacionadas a mudanças na capacidade funcional e autonomia de idosos no processo de envelhecimento nos sujeitos. Novas propostas de protocolos de avaliação que abordem técnicas diferenciadas e tecnologias visando disponibilizar essas informações possibilitam que profissionais atuem de forma preventiva e ainda contribuir para um prognóstico e julgamento clínico adequado visando melhor qualidade de vida para a população idosa.

Rowe e Kahn (2000) sugerem uma caracterização da população idosa em relação ao processo de envelhecimento, podendo ser este admitido como “envelhecimento comum” o qual se estabelece sob a influência de fatores externos como o tipo de dieta, sedentarismo, doenças, entre outros sendo estes fatores potencializadores dos efeitos adversos do passar do tempo na vida das pessoas, e o “envelhecimento bem-sucedido” no qual segundo abordaria fatores como o engajamento com a vida, manutenção de altos níveis de habilidades funcionais e cognitivas, baixa probabilidade de doença, e prática de hábitos saudáveis para redução de riscos de doenças, o que justifica a percepção do processo de envelhecimento ser diferente entre os indivíduos assim como a heterogeneidade da capacidade funcional dessa população (Maria Machado de Lima *et al.*, 2008; Rowe e Kahn, 2000).

Brizzi e Moreira (2025) sugerem que a partir de estudos epidemiológicos evidencia-se múltiplas doenças relacionadas à idade tendendo a serem mais prevalentes em pessoas idosas, impactando a capacidade funcional e ainda levando à multimorbidade e polifarmácia demonstrando a necessidade de abordagens multidisciplinares e em uma perspectiva multissistêmicas (Brizzi e Moreira, 2025).

A partir dessas considerações ao pensar nos instrumentos de avaliação como por exemplo Índice de Barthel, Escala de Equilíbrio de Berg, entre outras que são comumente utilizadas para avaliação em idosos podem trazer informações incompletas e até mesmo não fidedignas sobre o indivíduo dentro

de um processo de envelhecimento. O Índice de Barthel avalia a capacidade de autocuidado dos indivíduos possibilitando o conhecimento de informações acerca de atividades de vida diária, mobilidade funcional e marcha. O instrumento apresenta boa confiabilidade e validade podendo ser utilizado na avaliação da funcionalidade e atividades básicas da vida diária em idosos com diferentes condições. É um questionário, que engloba seguintes itens: alimentação, banho, higiene, vestir-se, controle intestinal e de bexiga, uso de toaletes, transferências, deambulação e subida de escadas, sendo esses classificados com base na quantidade de assistência necessária para cada atividade (González *et al.*, 2018), porém é um instrumento autorrelatado, ou seja, respondido pelo próprio idoso ou cuidador o que traz grande subjetividade acerca do seu resultado. E com relação ao equilíbrio, Pérennou (2005) afirma que algumas avaliações são utilizadas, porém sem que suas propriedades metrológicas tenham sido analisadas (como é o caso do teste de Romberg) podendo ainda essas escalas com seu caráter semiquantitativos ter limitada sensibilidade à mudança na capacidades ou comportamentos posturais sendo, portanto, preferível utilizar ferramentas de avaliação cujas propriedades metrológicas são conhecidas e satisfatórias (Pérennou, 2005).

A Escala de Equilíbrio de Berg é um instrumento de avaliação de equilíbrio muito utilizado que analisa a manutenção no equilíbrio em algumas tarefas posturais com pontuações específicas, porém é considerada com uma relativa reprodutibilidade explicada pela sua metodologia de avaliação tendo um número ímpar de níveis de classificação (Kornetti *et al.*, 2004). Brooks (2006) ressalta que na ausência de evidências robustas que apoiem o uso de diferentes medidas de performance física para populações de reabilitação geriátrica, a escolha de quais testes utilizar permanece uma questão de julgamento clínico (Brooks *et al.*, 2006).

O TUG avalia a mobilidade, o equilíbrio, a capacidade de caminhar e o risco de queda em idosos e foi desenvolvido como uma extensão da medida "Get Up and Go" (GUG) originalmente por Mathias *et al.*, 1986. Whitney *et al.* (2005) sugere que idosos que frequentam centros de referências apresentam pontuações de corte indicativas de risco de quedas >15, Thomas *et al.*, (2005)

sugere pontuação de corte indicando risco de quedas em idosos frágeis >32 e Shumway-Cook et al (2000) >13,5 como pontuação de corte indicando risco de queda e população adulta que vive na comunidade, e ainda existem outros autores que propõe outras pontuações de corte indicando risco de queda em diferentes tipos de população (alterações vestibulares, Doença de Parkinson, AVC). Segundo Van Hedel *et al.* (2005) a confiabilidade intra-avaliador do TUG pode ser afetada pelo desempenho do sujeito ao concluir várias avaliações, indicando que os pacientes se familiarizam rapidamente com este teste, resultando no primeiro teste afetando o segundo teste (Marchetti e Whitney, 2005; Shumway-Cook *et al.*, 2000; Thomas e Lane, 2005; Van Hedel *et al.*, 2005).

O TC10m avalia a velocidade de caminhada em metros por segundo durante um curto período, no qual pode identificar pequena mudança significativa na velocidade de marcha (0,05 m/s) e mudanças substanciais significativas (0,13 m/s) para idosos (Perera et al., 2006b), e ainda ser diferenciado para diversas patologias na populações como por exemplo AVC e até idosos que sofreram fraturas no quadril (Lin *et al.*, 2010). Bohannon e Andrews (2011) estabeleceram em seu estudo valores preditivos para velocidade de marcha, no TC10m, para adultos saudáveis sendo para homens de 20 e 29 anos 135,8 (127,0 a 144,7) cm/s, entre 30 e 39 anos 143,3 (131,6 a 155,0) cm/s, entre 60 e 69 anos 133,9 (126,6 a 141,2) cm/s, entre 70-79 anos 126,2 (121,0 a 132,2) cm/s. Para as mulheres a velocidade de marcha predita por faixa etária é 20 e 29 anos 134,1 (123,9 a 144,3) cm/s, entre 30 e 39 anos 133,7 (119,3 a 148,2) cm/s, entre 60 e 69 anos 124,1 (118,3 a 130,0) cm/s e entre 70 e 79 anos 113,2 (107,2 a 119,2) cm/s (Bohannon e Williams Andrews, 2011) porém, sem valores preditos relacionados a comorbidades e patologias.

O TC10m e o TUG foram revisados pela APTA (*American Physical Therapy Association*) em 2013, onde as listas de recomendações de utilização foram desenvolvidas por um painel de especialistas clínicos e de pesquisa usando um processo Delphi modificado, e essas recomendações são validades até atualmente (2024), e não foi estabelecido nessa revisão correlação entre esses dois instrumentos de avaliação para a população idosa.

Neste trabalho foi proposto uma correlação entre esses dois testes (figura 14) com resultados evidenciando a existência de uma correlação negativa forte ($R = -0,72$) e significativa ($p < 0,001$) entre o tempo (TUG) e a velocidade de marcha (TC10m) para sujeitos idosos. Conseguiu-se ainda evidenciar uma diferença entre os grupos relacionados aos dois testes funcionais o que evidencia que utilizados juntos podem trazer informações acerca da capacidade de marcha com valores sensíveis a mudanças para população idosa e pontuação de corte para risco de queda conjurando um conjunto de informações mais robustas do que quando utilizados sozinhos, apesar de os testes evidenciarem desfechos diferentes quando levado em consideração o contexto funcional da marcha a correlação entre eles mostra-se significativo.

Sobre a avaliação de controle postural foi utilizado a estabilometria como técnica de avaliação objetiva. Os resultados evidenciaram a capacidade de diferenciação entre indivíduos idosos, com diferença significativa na comparação entre os grupos, mostrando que o grupo G2-CD apresentou maior amplitude do deslocamento do centro de pressão (COP) antero-posterior e médio-lateral com $p = 0,013$ e $0,02$ respectivamente e maior deslocamento da oscilação total $p = 0,02$, e assim trazendo a possibilidade de identificar indivíduos idosos com maiores déficits relacionados ao controle postural.

Segundo Duarte e Freitas (2010) na estabilometria as medidas mais comumente utilizadas é o COP que é o ponto de aplicação da resultante das forças verticais agindo sobre a superfície de suporte, ou seja, expressa a localização do vetor resultante da força de reação do solo sobre a plataforma de força, sendo uma combinação da resposta neuromuscular ao deslocamento do CG e da própria posição do CG (Duarte e Freitas, 2010). Estudos anteriores como os de Machado (2017), Andreato (2020), Amaridis (2003), Toledo (2013) evidenciaram alterações em variáveis estabilométricas de idosos, com aumento em oscilações do COP, e amplitudes de oscilações do COP entre outras (Amiridis *et al.*, 2003; Andreato *et al.*, 2020; Machado *et al.*, 2017; Toledo e Barela, 2014) o que corrobora com os achados deste estudo que verificou aumento de oscilação de COP e aumento da amplitude de deslocamento do COP nos dois grupos de idosos quando comparados ao grupo de adultos jovens,

e diferença significativa quando comparado o grupo G2-CD com os demais grupos. Porém, não foi estabelecido ainda o uso de resultados de estabilometria como método de caracterização da população idosa quanto ao processo de envelhecimento. Neste trabalho foi possível identificar diferença significativa entre os grupos de idosos com diferentes tipos de modalidade de frequências no centro de referência.

Andreato *et al.* (2020) ressalta a influência das idades nas funções humanas destacando o controle postural um vez que componentes motores e sensoriais são afetados pela idade incluindo a sensibilidade dos pés que é uma das vias aferentes usadas para o controle postural (Andreato *et al.*, 2020). Neste estudo verificou-se em teste com monofilamento de *Semmes-Winstein* alterações em pontos, sendo o ponto mais afetado foi o calcanhar, com 76,7% dos resultados classificados como alterados, seguido por região inferior ao 5º dedo (69,8%), hálux (66,3%), borda Lateral (65,3%), região inferior ao 3º dedo (64,9%) e região inferior ao hálux (61,4%), com taxas de alteração superiores a 60% (tabela 2), resultados esses que corroboram com os achados nos estudos de Qiu *et al.* (2012); Viseux *et al.* (2019); Wang *et al.* (2016). E, como nos testes anteriormente descritos foram identificadas diferenças estatisticamente significativas nos pontos do 5º dedo ($p < 0.001$), borda medial ($p = 0.006$), 3º dedo ($p = 0.020$) e região inferior ao 3º dedo (0.027), com o grupo G2-CD apresentando uma proporção de alterações nessas áreas significativamente maior em comparação ao grupo G1- CV.

Neste estudo ainda foi realizada uma análise de correlação entre os achados no teste de sensibilidade cutânea plantar e os testes funcionais TUG e TC10m, sendo possível observar que os valores de TUG foram significativamente maiores para os casos alterados no hálux ($p = 0.005$), 3º dedo ($p < 0.001$), 5º dedo ($p = 0.002$), região inferior ao hálux ($p = 0.015$), borda medial ($p < 0.001$), e borda lateral ($p = 0.010$) indicando que, nesses pontos, os pacientes com alterações de sensibilidade têm valores mais altos no TUG, sugerindo uma maior dificuldade de capacidade para mobilidade funcional. Assim como no TUG, o TC10m apresentou médias de velocidade de marcha que foram significativamente menores para os casos alterados nos pontos 3º dedo

($p = 0.003$), 5º dedo ($p < 0.001$), região inferior ao hálux ($p = 0.033$), região inferior ao 3º dedo ($p = 0.031$), região inferior ao 5º dedo ($p = 0.020$), borda medial ($p < 0.001$), e borda lateral ($p = 0.007$), resultados esses que sugerem que os pacientes com alterações na sensibilidade têm médias de velocidade de marcha significativamente menores em vários pontos do pé, indicando uma velocidade de marcha reduzida. Pesquisadores observaram reduções relacionadas à idade na densidade de inervação dos receptores aferentes de adaptação rápida tipo I e II, elasticidade reduzida da pele e condução nervosa reduzida além do declínio na sensibilidade perceptual plantar que é acarretado pelo processo de envelhecimento (Perry, 2006; Peters *et al.*, 2016). Assim, é comumente relatado que o declínio relacionado à idade na função e densidade do receptor cutâneo resulta na diminuição capacidade sensitiva na planta dos pés.

Autores como Kennedy e Inglis, (2002) e Richardson e Hurvitz, (1995), a hipótese que a deterioração neurossensorial relacionada à idade dos aferentes cutâneos seria um fator crucial para alterações em controle de equilíbrio, marcha e risco de quedas e ainda que receptores aferentes cutâneos plantares fornecem uma fonte importante de informações sensoriais para o controle postural pois codificam mudanças distribuição de pressão sob os pés (Inglis *et al.*, 2002), e essas hipóteses se correlacionam com os achados deste trabalho, onde em avaliação estabilométrica verificou-se diferenças nas repostas dos grupos de idosos e adultos jovens, avaliações de sensibilidades identificaram também diminuição de sensibilidade em pontos testado das plantas dos pés de idosos que ainda mostraram correlação com TUG e TC10m.

A proposta deste trabalho foi trazer a abordagem de um protocolo que traz instrumentação objetiva, estabilometria, associados a testes funcionais como o TUG e TC10m e teste de sensibilidade como maneira de se eliminar possíveis lacunas que possam ser evidenciadas por instrumentos de avaliação quando utilizados isoladamente, reunindo as áreas de tecnologia e saúde. Uma outra possibilidade que este trabalho descreveu é a possível diferenciação de características do processo de envelhecimento, o que pode estar relacionado com a abordagem de Rowe e Kahn (2000) podendo ser admitido como “envelhecimento comum” e “envelhecimento bem-sucedido” uma vez que os

grupos G1-CV e G2-CD se mostraram diferentes em todas as avaliações realizadas (Rowe e Kahn, 2000).

Com a elaboração de uma sugestão de um *Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada* buscou-se iniciativa de desenvolvimento de sistemática eficaz de avaliação e classificação trazendo abordagens usadas de forma conjunta (anexo III).

Essa diferenciação ou classificação da população idosa pode servir como guia para prevenção de quedas, programas de equilíbrio oferecidos pelos centros de referência para essa população e ainda para profissionais poderem estabelecer o raciocínio clínico no atendimento aos idosos, assim como manejos e técnicas terapêuticas mais apropriadas.

VII. CONCLUSÃO

Este trabalho propôs uma abordagem funcional preventiva para a população idosa, por meio de um conjunto correlacionado de técnicas não invasivas que possibilitam um diagnóstico funcional preditivo evidência assim sua efetividade. A análise dos resultados demonstrou que a combinação das técnicas de estesiometria, estabilometria e testes de capacidade funcional e marcha, utilizadas em conjunto como um *Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada*, proporciona uma compreensão abrangente e relevante da capacidade funcional do indivíduo idoso. Além disso, essas técnicas integradas mostraram-se eficazes para caracterizar aspectos do processo de envelhecimento, permitindo a identificação do estágio funcional em que o idoso se encontra. Por fim, foi possível determinar correlações significativas entre as medidas obtidas nas avaliações, reforçando a consistência e a aplicabilidade da abordagem protocolar para avaliação da população idosa. A construção do *Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada* traz uma perspectiva para futuras pesquisas afim de se propor sua validação específica. Dessa forma, a metodologia proposta contribui significativamente para as abordagens preventivas em saúde geriátrica, oferecendo subsídios importantes para o diagnóstico precoce e intervenções direcionadas que promovem a qualidade de vida do idoso.

AGRADECIMENTO

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRESTI, A. An introduction to categorical data analysis. New Jersey, USA: Wiley Interscience, 2007.

ALKEMA, G. E.; ALLEY, D. E. **Gerontology's Future**: An Integrative Model for Disciplinary Advancement v. 46, Issue 5, 2006. Disponível em: <http://gerontologist.oxfordjournals.org>. Acesso abr. 2024.

AMIRIDIS, I. G.; HATZITAKI, V.; ARABATZI, F. Age-induced modifications of static postural control in humans. **Neuroscience Letters**, v. 350, n. 3, 137–14, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(03\)00878-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(03)00878-4). Acesso em jun. 2024.

ANDELA, C. D.; SCHARLOO, M.; PEREIRA, A. M.; KAPTEIN, A. A.; BIERMASZ, N. R. Quality of life (QoL) impairments in patients with pituitary adenoma: a systematic review of QoL studies. **Pituitary**, New York, v. 18, n. 5, p. 752–776, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25605584>. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11102-015-0636-7>. Acesso em: ago. 2024.

ANDERTON, B. H. Ageing of the brain. **Mechanisms of Ageing and Development**, v. 123, 2002. Disponível em: www.elsevier.com/locate/mechagedev. Acesso em: ago. 2024.

ANDREATO, L. V.; DE OLIVEIRA, D. V.; FOLLMER, B.; BERTOLINI, S. M. M. G. The influence of age and overweight or obesity on foot sensitivity and postural control: A systematic review. **Australasian Journal on Ageing**, v.3, n. 39, p. 251- 258, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/ajag.12782>. Disponível em <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ajag.12782>. Acesso em jul. 2024.

ANSON, E.; JEKA, J. Perspectives on aging vestibular function. **Frontiers Neurology**, n. 6, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fneur.2015.00269>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/neurology/articles/10.3389/fneur.2015.00269/full>. Acesso em abr. 2024.

BADAKVA, A. M.; MILLER, N. V.; ZOBOVA, L. N. Integration of vestibular, visual, and proprioceptive inputs in the cerebral cortex during movement control. **Human Physiology**, v. 49, n. 2, p. 176–182, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1134/S0362119722600515>. Acesso em: 31 ago. 2025.

BETHLEHEM, R. A. I. Brain charts for the human lifespan. **Nature**, v. 604, n. 7906, p. 525–533, 2022. Disponível

em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35388223/>.

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04554-y>. Acesso em: ago. 2024.

BLÜMLE, A.; MAURER, C.; SCHWEIGART, G.; MERGNER, T. A cognitive intersensory interaction mechanism in human postural control. **Experimental Brain Research**, v. 173, n. 3, p. 357–363, 2006. Disponível

em: <https://doi.org/10.1007/s00221-006-0384-z>. Acesso em: 31 ago. 2025.

BOHANNON, R. W.; WILLIAMS ANDREWS, A. Normal walking speed: a descriptive meta-analysis. **Physiotherapy**, v. 97, n. 3, p. 182–189, 2011.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.physio.2010.12.004>. Acesso em: 31 ago. 2025.

BRASIL. Diretrizes para o cuidado das pessoas idosas no SUS: proposta de modelo de atenção integral. XXX Congresso Nacional de Secretarias Municipais de Saúde, 2014. Disponível

em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_cuidado_pessoa_idosa_sus.pdf. Acesso em: ago. 2024.

BRASIL. Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003. Estatuto do Idoso. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 out. 2003. Disponível

em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.741.htm. Acesso em ago. 2025.

BRIZZI, A. C. B; MOREIRA, L.H. Epidemiological characteristics of elderly users of the Elderly Reference Center. In: Soares, A.B., Leoni, R.F., Cardoso, G.C. (eds) XXIX Brazilian Congress on Biomedical Engineering - Volume 3: Tissue Engineering, Clinical Engineering and Computational Modeling in Biomedical Engineering. CBEB 2024. IFMBE Proceedings, vol 127. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-94934-0_1

BROOKS, D.; DAVIS, A. M.; NAGLIE, G. Validity of 3 physical performance measures in inpatient geriatric rehabilitation. **Archives of Physical Medicine**

and Rehabilitation, v. 87, n. 1, p. 105–110, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2005.08.109>. Acesso em: 31 ago. 2025.

CAMERON, I. D. et al. Interventions for preventing falls in older people in nursing care facilities and hospitals. **The Cochrane Database of Systematic Reviews**, v. 2010, n. 1, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005465.pub2>. Acesso em: ago. 2025.

CAMPOS, A. C. V.; ALMEIDA, M. H. M. de; CAMPOS, G. V.; BOGUTCHI, T. F. Prevalence of functional incapacity by gender in elderly people in Brazil: a systematic review with meta-analysis. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, n. 19, v.3, p. 545–559, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-98232016019.150086>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbagg/a/N3Lm5cJLJHFhgpCTxLS3dFb/?lang=en>. Acesso em ago. 2024.

CAREY, L. M.; MATYAS, T. A.; OKE, L. E. Evaluation of Impaired Fingertip Texture Discrimination and Wrist Position Sense in Patients Affected by Stroke. **Journal of Hand Therapy**, V.15,1, p.71–82, 2002. DOI: 10.1053/hanthe.2002.v15.01571. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11866355/>. Acesso em ago. 2024.

DESCHODT, M.; FLAMAING, J.; HAENTJENS, P.; BOONEN, S.; MILISEN, K. Impact of geriatric consultation teams on clinical outcome in acute hospitals: a systematic review and meta-analysis. **BMC Medicine**, v. 11, p. 48, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1741-7015-11-48>. Acesso em: 31 ago. 2025.

DIBBLE, L. E.; CHRISTENSEN, J.; BALLARD, D. J.; FOREMAN, K. B. Diagnosis of fall risk in Parkinson disease: an analysis of individual and collective clinical balance test interpretation. **Physical Therapy**, v. 88, n. 3, p. 323–332, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.2522/ptj.20070082>. Acesso em: 31 ago. 2025.

DIBBLE, L. E.; LANGE, M. Predicting falls in individuals with Parkinson disease: A reconsideration of clinical balance measures. **Journal of Neurologic**

Physical Therapy, v. 2, n. 30, p. 60–67, 2006. DOI:
<https://doi.org/10.1097/01.NPT.0000282569.70920.dc>. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16796770/>. Acesso em abr. 2024.

DIETZ, V. Proprioception and locomotor disorders. **Nature Reviews Neuroscience**, v.10, n. 3, p. 781–790, 2002. DOI:
<https://doi.org/10.1038/nrn939>. Disponível em:
<https://www.nature.com/articles/nrn939>. Acesso em mar. 2024.

DOMINGUEZ, L. Postural control and perturbation response in aging populations: fall risk implications. **J Neurophysiol**, v. 124, p.1309–1311, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1152/jn.00767.2019.-Falls>. Disponível em:
<https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jn.00767.2019>. Acesso em ago. 2024.

DUARTE, M.; FREITAS, S. M. S. F. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 2, n. 14, , p. 183–192, 2010. DOI:
<https://doi.org/10.1590/S1413-35552010000300003>. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbfis/a/hFQTppgw4q3jGBCDKV9fdCH/?lang=pt> . Acesso em jul. 2024.

DZIECHCIAŻ, M.; FILIP, R. Biological psychological and social determinants of old age: Bio-psycho-social aspects of human aging. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, n. 21, v. 4, p. 835–838, 2014. DOI:
<https://doi.org/10.5604/12321966.1129943>. Disponível em:
<https://www.aaem.pl/Biological-psychological-and-social-determinants-of-old-age-Bio-psycho-social-aspects-of-human-aging,72207,0,2.html>. Acesso em ago. 2024.

FOISY, A.; KAPOULA, Z. (2016). How plantar exteroceptive efficiency modulates postural and Oculomotor control: Inter-individual variability. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 10, 2016. DOI:
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00228>. Disponível em:

<https://www.frontiersin.org/journals/human-neuroscience/articles/10.3389/fnhum.2016.00228/full>, Acesso em ago. 2024.

FOISY, A.; KAPOULA, Z. Plantar Exteroceptive Inefficiency causes an asynergic use of plantar and visual afferents for postural control: Best means of remediation. **Brain and Behavior**, v. 6, n. 7, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/brb3.658>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/brb3.658>. Acesso em ago. 2024.

FOZARD, J. L.; *et al.* Gerontechnology: Creating enabling environments for the challenges and opportunities of aging. **Educational Gerontology**, v. 4, n. 26, p.331–344, 2010. <https://doi.org/10.1080/036012700407820>. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/036012700407820>. Acesso em set. 2025.

FREITAS, E. V.; PY, L. **Tratado de Geriatria**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

GOBLE, D. J. *et al.* Brain activity during ankle proprioceptive stimulation predicts balance performance in young and older adults. **Journal of Neuroscience**, v. 45, n. 31, p. 16344–16352, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4159-11.2011>. Disponível em <https://www.jneurosci.org/content/31/45/16344>. Acesso em ago. 2024

Goble, D. J *et al.* The neural basis of central proprioceptive processing in older versus younger adults: An important sensory role for right putamen. **Human Brain Mapping**, v. 4, n. 33, p. 895–908, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1002/hbm.21257>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/hbm.21257>. Acesso em ago. 2024.

González, N. *et al.* Psychometric characteristics of the Spanish version of the Barthel index. **Aging Clinical and Experimental Research**, v. 5, n. 30, p. 489–497, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40520-017-0809-5>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28770477/>. Acesso em ago. 2024.

HAMCZYK, M. R. *et al.* Biological Versus Chronological Aging: JACC Focus Seminar. In: **Journal of the American College of Cardiology**, v. 75, n. 8, p. 919–930, 2020. Elsevier USA. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.11.062>. Disponível em: <https://scc.org.co/wp-content/uploads/2018/10/Envejecimeintmo-Biologico-2.pdf> . Acesso em ago. 2024.

HENRY, M.; BAUDRY, S. Age-related changes in leg proprioception: implications for postural control. **Journal of Neurophysiology**, v. 122, n. 2, p. 525–538, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/jn.00067.2019>. Acesso em: ago. 2025.

HORAK, F. B. Postural orientation and equilibrium: What do we need to know about neural control of balance to prevent falls? **Age and Ageing**, v. 35, p.7-11, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1093/ageing/afl077> . Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16926210/>. Acesso em ago. 2024.

INGLIS, J. T.; KENNEDY, P. M.; WELLS, C.; CHUA, R. The role of cutaneous receptors in the foot. In: **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 508, p. 111–117, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0713-0_14. Acesso em: ago. 2025.

KENNEDY, P. M.; INGLIS, J. T. Distribution and behaviour of glabrous cutaneous receptors in the human foot sole. **The Journal of Physiology**, v. 538, n. 3, p. 995–1002, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2001.013087>. Acesso em: ago. 2025.

KORNETTI, D. L.; FRITZ, S. L.; CHIU, Y. P.; LIGHT, K. E.; VELOZO, C. A. Rating scale analysis of the Berg Balance Scale. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 85, n. 7, p. 1128–1135, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.11.019>. Acesso em: ago. 2025.

LAURENT, S.; BOUTOUYRIE, P.; CUNHA, P. G.; LACOLLEY, P.; NILSSON, P. M. Concept of extremes in vascular aging. **Hypertension**, v. 74, n. 2, p. 218–228, 2019. Disponível

em: <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.12655>. Acesso em: ago. 2025.

LIMA, J. da S. Costs of hospital admission authorizations due to falls among older people in the Brazilian National Health System, Brazil, 2000-2020: a descriptive study. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v.31, n.1, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-49742022000100012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ress/a/6Lmf64R4QFSVPLFy8gMJXNq/?lang=en>. Acesso ago. 2024.

LIN, J. H., *et al.* Psychometric comparisons of 3 functional ambulation measures for patients with stroke. **Stroke**, v. 9, n. 41, p.2021–2025, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.589739>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20671244/>. Acesso ago. 2024.

LUVIZUTTO, G. J.; BAPTISTA, C. R. de J. A.; SOUZA, L. A. P. S. Avaliação do Sistema Sensorial. **Avaliação Neurológica Funcional**, São Paulo, Appris Editora, n.1, p. 149- 160, 2020.

MACHADO, Á. S. *et al.* Effects of plantar foot sensitivity manipulation on postural control of young adults and elderly. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 1, n. 57, p. 30–36, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rbre.2016.03.007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbr/a/QKq65x5Xx69MQyqtRHtRcJc/abstract/?lang=pt>. Acesso em ago. 2024.

MAK, M. K. Y. *et al.* Pang, M. Y. C. Fear of falling is independently associated with recurrent falls in patients with Parkinson's disease: A 1-year prospective study. **Journal of Neurology**, v. 10, n. 256, p. 1689–1695, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00415-009-5184-5>. Disponível em: <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/73OgRn27/>. Acesso em ago. 2024.

MANOR, B.; LIPSITZ, L. A. Physiologic complexity and aging: implications for physical function and rehabilitation. **Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry**, v. 45, p. 287–293, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pnpbpb.2012.08.020>. Acesso em: 31 ago. 2025.

MARCHETTI, G. F.; WHITNEY, S. L. Older adults and balance dysfunction., **Neurologic clinics**, v. 23, n. 3, p. 785-805, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ncl.2005.01.009>. Disponível em: [https://www.neurologic.theclinics.com/article/S0733-8619\(05\)00010-1/abstract](https://www.neurologic.theclinics.com/article/S0733-8619(05)00010-1/abstract). Acesso em jul. 2024.

MARESOVA, P., *et al.* Consequences of chronic diseases and other limitations associated with old age. **BMC Public Health**, v.1, n. 19, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7762-5>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31675997/>. Acesso ago. 2024.

MINOSSO, J. *et al.* Validação, no Brasil, do Índice de Barthel em idosos atendidos em ambulatorios. **Acta Paulista de Enfermagem**. v. 23, n. 2, p. 218-23, 2010. DOI: doi.org/10.1590/S0103-21002010000200011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ape/a/7n8WhRb6Wvcs3QdrWx3ywJn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em jun. 2024.

LIMA, M. M. de A.; SILVA, H. S. da.; GALHARDONI, R. Envelhecimento bem-sucedido: trajetórias de um constructo e novas fronteiras. **Interface-Comunicação, Saúde e Educação**, v.12, n.27,p.795-807, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-32832008000400010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/icse/a/gZJj8GhfrcVG4cPfgCWpTHM/abstract/?lang=pt>. Acesso em ago. 2024.

MARTIMBIANCO, A. L. C.; POLACHINI, L. O.; CHAMLIAN, T. R.; MASIERO, D. Efeitos da propriocepção no processo de reabilitação das fraturas de quadril. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 16, n. 2, p. 112–116, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aob/a/hbtWLbGN8jLWJ5W54sRtFNy/>. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-78522008000200010>. Acesso em: ago. 2024.

MARZO, R. R. *et al.* Determinants of active aging and quality of life among older adults. **Frontiers in Public Health**, v. 11. 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1193789>. Disponível em

<https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2023.1193789/full>. Acesso em ago. 2024.

MASSION, J. Postural control system. **Current Opinion in Neurobiology**, v. 4, 1994. DOI: 10.1016/0959-4388(94)90137-6. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7888772/>. Acesso em ago. 2024.

MOKHATRI-HESARI, P.; MONTAZERI, A. Health-related quality of life in breast cancer patients: Review of reviews from 2008 to 2018. **Health and Quality of Life Outcomes**, v. 1, n. 18, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12955-020-01591-x>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7552560/>. Acesso em ago. 2024.

PANZER, V. P.; BANDINELLI, S.; HALLETT, M. Biomechanical assessment of quiet standing and changes associated with aging. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 76, n. 2, p. 151–157, 1995. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7848073/>. DOI: 10.1016/s0003-9993(95)80024-7. Acesso em: ago. 2025.

PÉRENNOU, D. et al. Evaluation of balance in neurologic and geriatric disorders. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique : Revue scientifique de la Société française de rééducation fonctionnelle de réadaptation et de médecine physique*, v. 48, n. 6, p. 317–335, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.annrmp.2005.04.009>. Acesso em: 31 ago. 2025.

PERERA, S. *et. al.* Meaningful change and responsiveness in common physical performance measures in older adults. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 5, n. 54, p. 743–749, 2006a. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2006.00701.x>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16696738/>. Acesso em ago. 2024.

PERRY, S. D. Evaluation of age-related plantar-surface insensitivity and onset age of advanced insensitivity in older adults using vibratory and touch sensation tests. **Neuroscience Letters**, v. 392, n. 1-2, p. 62-67, 2006. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2005.08.060>. Disponível em:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16183200/> Acesso em ago. 2024.

PETERKA, R. J. Sensorimotor integration in human postural control. **Journal of Neurophysiology**, v. 88, p. 1097–1118, 2002. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/epdf/10.1152/jn.2002.88.3.1097>. DOI: <https://doi.org/10.1152/jn.00605.2001>. Acesso em: ago. 2024.

PETERS, R. M. *et al.* Losing touch: age-related changes in plantar skin sensitivity, lower limb cutaneous reflex strength, and postural stability in older adults Downloaded from. **Journal of Neurophysiology**, v. 116, p.1848-1858, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1152/jn.00339.2016.-Age-related>. Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jn.00339.2016>. Acesso em ago. 2024.

PIIRTOLA, M.; ERA, P. Force platform measurements as predictors of falls among older people - A review. **Gerontology**, v. 1, n. 52, p. 1–16, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1159/000089820> . Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16439819/>. Acesso em ago. 2024.

QIU, F. *et al.* Enhanced somatosensory information decreases postural sway in older people. **Gait and Posture**, v. 35, p. 4, p. 630–635, 2012. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2011.12.013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22245163/>. Acesso em ago. 2024.

RICHARDSON, J. K.; HURVITZ, E. A. Peripheral neuropathy: a true risk factor for falls. The Journals of Gerontology. **Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 50, n. 4, p. M211–M215, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/gerona/50a.4.m211>. Acesso em: ago. 2025.

ROWE, J. W.; KAHN, R. L. Successful Aging and Disease Prevention. **Advances in Renal Replacement Therapy**, v. 7, n.1, p. 70-77, 2000. DOI: 10.1016/s1073-4449(00)70008-2. Disponível em: [https://www.akdh.org/article/S1073-4449\(00\)70008-2/pdf](https://www.akdh.org/article/S1073-4449(00)70008-2/pdf). acesso em ago. 2024.

SEO, J. W. *et al.* Sensory Interaction and Balancing Ability Evaluation of the Elderly Using a Simplified Force Plate System. **Sensors**, v. 22, n. 22, 2022.

DOI: <https://doi.org/10.3390/s22228883>. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/1424-8220/22/22/8883>. Acesso em ago. 2024.

SHAFFER, S. W.; HARRISON, A. L. (2007). Aging of the somatosensory system: A translational perspective. **Physical Therapy**, v. 87, n. 2, p. 193–207, 2007. DOI: <https://doi.org/10.2522/ptj.20060083>. Disponível em:

<https://academic.oup.com/ptj/article/87/2/193/2742177?login=false>. Acesso em set. 2025.

SHUMWAY-COOK, A.; BRAUER, S.; WOOLLACOTT, M. Predicting the Probability for Falls in Community-Dwelling Older Adults Using the Timed Up & Go Test. **Physical Therapy**, v. 80, n. 9, p. 896–903, 2000. DOI:

doi.org/10.1093/ptj/80.9.896. Disponível em:

<https://academic.oup.com/ptj/article/80/9/896/2842520>. Acesso em jun. 2024.

STEFFEN, T. *et al.* Fear of falling is independently associated with recurrent falls in patients with Parkinson's disease: A 1-year prospective study. **Physical Therapy**, v. 10, n. 88, p. 1689–1695, 2008. DOI:

<https://doi.org/10.2522/ptj.20070214>. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00415-009-5184-5>. Acesso em ago. 2024.

THOMAS, J. I; LANE, J. V. A pilot study to explore the predictive validity of 4 measures of falls risk in frail elderly patients. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 8, n. 86, p. 1636–1640, 2005. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2005.03.004>. Disponível em:

[https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(05\)00310-2/abstract](https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(05)00310-2/abstract). Acesso em ago. 2024.

TOLEDO, D. R.; BARELA, J. A. Age-related differences in postural control: Effects of the complexity of visual manipulation and sensorimotor contribution to postural performance. **Experimental Brain Research**, v. 2, n. 232, p. 493- 502,

2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00221-013-3756-1>. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/2013-39838-001>. Acesso em: ago. 2024.

TRAMONTANO, M. et al. Postural changes during exteroceptive thin plantar stimulation: the effect of prolonged use and different plantar localizations. *Frontiers in Systems Neuroscience*, v. 13, p. 49, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fnsys.2019.00049>. Acesso em: ago. 2025.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs, P. D. **Word Population Prospects**. Highlights, 2019. Disponível em: [//efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_10KeyFindings.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_10KeyFindings.pdf). Acesso em ago. 2024.

VAN HEDEL, H. J.; WIRZ, M., DIETZ, V. Assessing walking ability in subjects with spinal cord injury: Validity and reliability of 3 walking tests. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v.2, n. 86, p. 190–196, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.02.010>. Disponível em: [https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(04\)00305-3/abstract](https://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(04)00305-3/abstract). Acesso em ago. 2024.

VAN IMPE, A. et al. Age-related neural correlates of cognitive task performance under increased postural load. **Age** (Dordrecht, Netherlands), v. 35, n. 6, p. 2111–2124, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11357-012-9499-2>. Acesso em: ago. 2025.

VAN IMPE, A. et al. White matter fractional anisotropy predicts balance performance in older adults. **Neurobiology of Aging**, v.9, n. 33, p. 1900–1912, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2011.06.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0197458011002302?via%3Dihub>. Acesso ago. 2024.

WISEUX, F. et al. How can the stimulation of plantar cutaneous receptors improve postural control? Review and clinical commentary. **Neurophysiologie Clinique = Clinical Neurophysiology**, v. 49, n. 3, p. 263–268, 2019.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2018.12.006>. Acesso em: 31 ago. 2025.

WANG, Y., WATANABE, K., CHEN, L. Effect of plantar cutaneous inputs on center of pressure during quiet stance in older adults. **Journal of Exercise Science and Fitness**, v.1, p. 24–28, 2016. DOI.

<https://doi.org/10.1016/j.jesf.2016.02.001>. Acesso em:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5801714/>. Acesso em ago. 2024.

WEAVER, K.F.; MORALES, V.; DUNN, S.L.; GODDE, K.; WEAVER, P.F. An Introduction to Statistical Analysis in Research. **John Wiley & Sons**, 2017.

WHITEHEAD, C.; MILLER, M.; CROTTY, M. Falls in community-dwelling older persons following hip fracture: Impact on self-efficacy, balance and handicap.

Clinical Rehabilitation, v. 8, n. 17, p. 899–906, 2003. DOI:

<https://doi.org/10.1191/0269215503cr695oa>. Disponível em:

https://journals.sagepub.com/doi/10.1191/0269215503cr695oa?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200pubmed. Acesso em ago. 2024.

WRISLEY, D. M.; KUMAR, N. A. Functional gait assessment: Concurrent, discriminative, and predictive validity in community-dwelling older adults.

Physical Therapy, v. 5, n. 90, p. 761–773, 2010. DOI:

<https://doi.org/10.2522/ptj.20090069>. Disponível em:

<https://academic.oup.com/ptj/article/90/5/761/2737837?login=false>. Acesso em ago. 2024.

ANEXO I

Em: <https://doi.org/10.3390/neurolint17090133>



Article

High-Accuracy Classification of Parkinson's Disease Using Ensemble Machine Learning and Stabilometric Biomarkers

Ana Carolina Brisola Brizzi ^{1,2,†} , Osmar Pinto Neto ^{1,3,4,5,*,†} , Rodrigo Cunha de Mello Pedreiro ⁶ and Livia Helena Moreira ¹

¹ Biomedical Engineering Postgraduate Program, Anhembi Morumbi University, São José dos Campos 12247-016, Brazil; carol.brisola.cb@gmail.com (A.C.B.B.); livia.mel@animaeducacao.com.br (L.H.M.)

² Basic Institute of Biosciences, Taubaté University (Unitau), Taubaté 12020-040, Brazil

³ Department of Kinesiology, California State University San Marcos (CSUSM), San Marcos, CA 92096, USA

⁴ Arena235 Research Lab, São José dos Campos 12246-876, Brazil

⁵ Center of Innovation Technology and Education-CITE, São José dos Campos 12247-016, Brazil

⁶ Department of Physical Education, Estácio de Sá University, Teresópolis 25963-150, Brazil; rodrigocmp1@gmail.com

* Correspondence: osmar@csusm.edu; Tel.: +1-442-4160823

† These authors contributed equally to this work.

Abstract

Background: Accurate differentiation of Parkinson's disease (PD) from healthy aging is crucial for timely intervention and effective management. Postural sway abnormalities are prominent motor features of PD. Quantitative stabilometry and machine learning (ML) offer a promising avenue for developing objective markers to support the diagnostic process. This study aimed to develop and validate high-performance ML models to classify individuals with PD and age-matched healthy older adults (HOAs) using a comprehensive set of stabilometric parameters. **Methods:** Thirty-seven HOAs (mean age 70 ± 6.8 years) and 26 individuals with idiopathic PD (Hoehn and Yahr stages 2–3, on medication; mean age 66 ± 2.9 years), all aged 60–80 years, participated. Stabilometric data were collected using a force platform during quiet stance under eyes-open (EO) and eyes-closed (EC) conditions, from which 34 parameters reflecting the time- and frequency-domain characteristics of center-of-pressure (COP) sway were extracted. After data preprocessing, including mean imputation for missing values and feature scaling, three ML classifiers (Random Forest, Gradient Boosting, and Support Vector Machine) were hyperparameter-



Academic Editors: Nicola Marotta and Marco Carotenuto

Received: 4 July 2025

Revised: 17 August 2025

Accepted: 21 August 2025

ANEXO II



UNIVERSIDADE ANHEMBI
MORUMBI/ INSTITUTO
SUPERIOR DE COMUNICAÇÃO



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação da resposta térmica pós estímulos mecânico, óptico e térmico, em indivíduos diabéticos, por termografia

Pesquisador: LEANDRO DE LIMA AZEVEDO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 08957419.0.0000.5492

Instituição Proponente: ISCP - SOCIEDADE EDUCACIONAL LTDA.

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.218.166

Apresentação do Projeto:

O Diabetes Mellitus é uma doença metabólica crônica adquirida que compromete o metabolismo para produção de energia resultando, com o tempo, em úlceras nos membros inferiores. A vasculopatia e neuropatia são os principais agentes causadores de úlceras. Com o objetivo de criar uma ferramenta complementar ao diagnóstico da doença precocemente e, também utilizar como tratamento, será utilizado a Termografia para captura de imagens infravermelho e consequente correlação com o estágio da doença. As imagens serão coletadas de indivíduos (n=40) separando em grupos: 30 indivíduos diabéticos e 10 indivíduos saudáveis. Com a determinação da resposta térmica no pós imediato da aplicação dos estímulos mecânico, óptico e térmico e correlação com dinâmica de revascularização correspondente ao padrão da doença, seria possível detectar alterações de temperatura nas regiões dos membros inferiores e superiores resultando no diagnóstico precoce da doença.

Objetivo da Pesquisa:**Objetivo Primário:**

Desenvolver um procedimento padronizado para se detectar regiões isquêmicas e neuropáticas em

Endereço: Rua Casa do Aço, 294 - 7º andar - Unidade 5

Bairro: Vila Olímpia

CEP: 04.546-000

UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)3847-3052

E-mail: agmarco@anhemi.br



UNIVERSIDADE ANHEMBI
MORUMBI/ INSTITUTO
SUPERIOR DE COMUNICAÇÃO



Continuação do Parecer: 3.2/18.198

membros inferiores e superiores a partir das

imagens infravermelhas coletadas em regiões periféricas do corpo, de forma a auxiliar no diagnóstico complementar e tratamento de DMTII.

Objetivo Secundário:

- Desenvolver um protocolo para medida de radiação infravermelha em membros inferiores e superiores.
- Avaliar indivíduos saudáveis de forma a estabelecer um padrão de normalidade.
- Avaliar indivíduos com diagnóstico positivo para DMTII.
- Avaliar indivíduos mediante estímulos mecânico, óptico e térmico.
- Criar um modelo matemático discriminante para auxiliar na prevenção de úlceras, em membros inferiores e superiores, em indivíduos diabéticos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os indivíduos estão propensos a choques térmicos provocados pela baixa temperatura da bolsa de gel ($\pm 0^{\circ}\text{C}$) no teste de estímulo a frio e propensos ao desconforto provocados pela compressão do manguito de pressão arterial. Tanto em indivíduos saudáveis, quanto em diabéticos, poderá provocar dormência nos membros inferiores ou superiores quando submetidos aos testes de estímulo a frio e ao estímulo mecânico. Entretanto, mesmo nestas condições e considerando que se trata de uma tecnologia não-invasiva e não-medicamentosa, classifica-se como risco mínimo aos participantes do estudo.

Benefícios:

Quanto aos benefícios, existe a possibilidade de diagnosticar a doença em seu estágio inicial e prevenir ulcerações e consequentes amputações de membros.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

É um projeto com condições de realização, claramente definido em termos metodológicos e logísticos, caracterizando exequibilidade na proposta.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Estão adequados e contemplam as exigências da resolução 466/12.



UNIVERSIDADE ANHEMBI
MORUMBI/ INSTITUTO
SUPERIOR DE COMUNICAÇÃO



Continuação do Parecer: 3.2/18.198

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências.

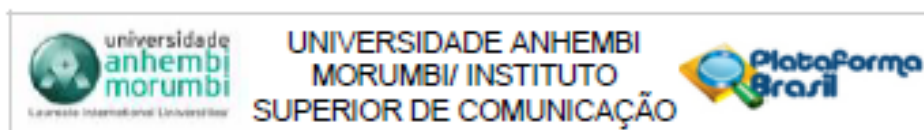
Considerações Finais e critério do CEP:

1. Apresentar relatório parcial da pesquisa, semestralmente, a contar do início da mesma.
2. Apresentar relatório final da pesquisa até 30 dias após o término da mesma.
3. O CEP UAM deverá ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo.
4. Quaisquer documentações encaminhadas ao CEP UAM deverão conter junto uma Carta de Encaminhamento, em que conste o objetivo e justificativa do que esteja sendo apresentado.
5. Caso a pesquisa seja suspensa ou encerrada antes do previsto, o CEP UAM deverá ser comunicado, estando os motivos expressos no relatório final a ser apresentado.
6. O TCLE deverá ser obtido em duas vias, uma ficará com o pesquisador e a outra com o sujeito de pesquisa.
7. Em conformidade com a Carta Circular nº. 003/2011/CONEP/CNS, faz-se obrigatório a rubrica em todas as páginas do TCLE pelo sujeito de pesquisa ou seu responsável e pelo pesquisador.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1301361.pdf	27/02/2019 11:16:42		Acelto
Outros	carta_encaminhamento.pdf	27/02/2019 11:05:41	LEANDRO DE LIMA AZEVEDO	Acelto
Cronograma	cronograma.pdf	27/02/2019 10:57:32	LEANDRO DE LIMA AZEVEDO	Acelto
Declaração de Instituição e Infraestrutura	carta_anuencia.pdf	27/02/2019 10:55:01	LEANDRO DE LIMA AZEVEDO	Acelto
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.pdf	27/02/2019 10:53:03	LEANDRO DE LIMA AZEVEDO	Acelto
Declaração de Pesquisadores	compromisso_pesquisador.pdf	27/02/2019 10:47:35	LEANDRO DE LIMA AZEVEDO	Acelto
TCLE / Termos de	tcle.pdf	27/02/2019	LEANDRO DE LIMA	Acelto

Endereço: Rua Casa do Ator, 254 - 7º andar - Unidade 5
Bairro: Vila Olímpia CEP: 04.546-000
UF: SP Município: SÃO PAULO
Telefone: (11)3847-3052 E-mail: agmarcta@anhemb.br



Continuação do Parecer: 3.2.18.196

Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle.pdf	10:46:59	AZEVEDO	Acelto
Folha de Rosto	folha_rosto.pdf	27/02/2019 10:45:54	LEANDRO DE LIMA AZEVEDO	Acelto

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 24 de Março de 2019

Assinado por:
CARLOS ROCHA OLIVEIRA
(Coordenador(a))

ANEXO III

Detalhamento do Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada.

Universidade Anhembi Morumbi **CITE** **ecossistema ânima**

Protocolo Combinado de Avaliação

Programa de Pós Graduação *Stricto Sensu* Universidade Anhembi Morumbi (UAM)

Nº CAAE: 08957419.0.000.5492

Informações pessoais

Nome: _____ Data: _____

Endereço: _____ Contato: _____

Data de nascimento: _____ Sexo: ☐ Masculino ☐ Feminino

Atenção: As informações preenchidas neste formulário é de caráter sigiloso.

Instrumento de Avaliação

1. TIME UP AND GO

Pontuações de corte que indicam risco de quedas por população

Tempo em segundos mensurado: **12** segundos

Menor risco de quedas <13,5s ■

Idosos que vivem na comunidade >13,5s ■

Idosos frágeis >32s ■

DAM ☐ NÃO

Devolutiva do nível de risco

Figura A1- Identificação e detalhamento do *Time up and Go* no *Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada*.

Fonte: autor (2025).

2. TESTE DE CAMINHADA DE 10 METROS

Preditivos de velocidade de marcha

Velocidade de marcha mensurada: **1,23** m/s

Homens 60- 69 anos ■ 1,26- 1,41* ■

Homens 70- 79 anos ■ 1,21- 1,32* ■

Mulheres 60-69 anos ■ 1,18- 1,30* ■

Mulheres 70-79 anos ■ 1,07- 1,19* ■

*m/s

DAM ☐ NÃO

Devolutiva do nível de risco

Figura A2- Detalhamento do Teste de Caminhada de 10 metros no *Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada*.

Fonte: autor (2025).

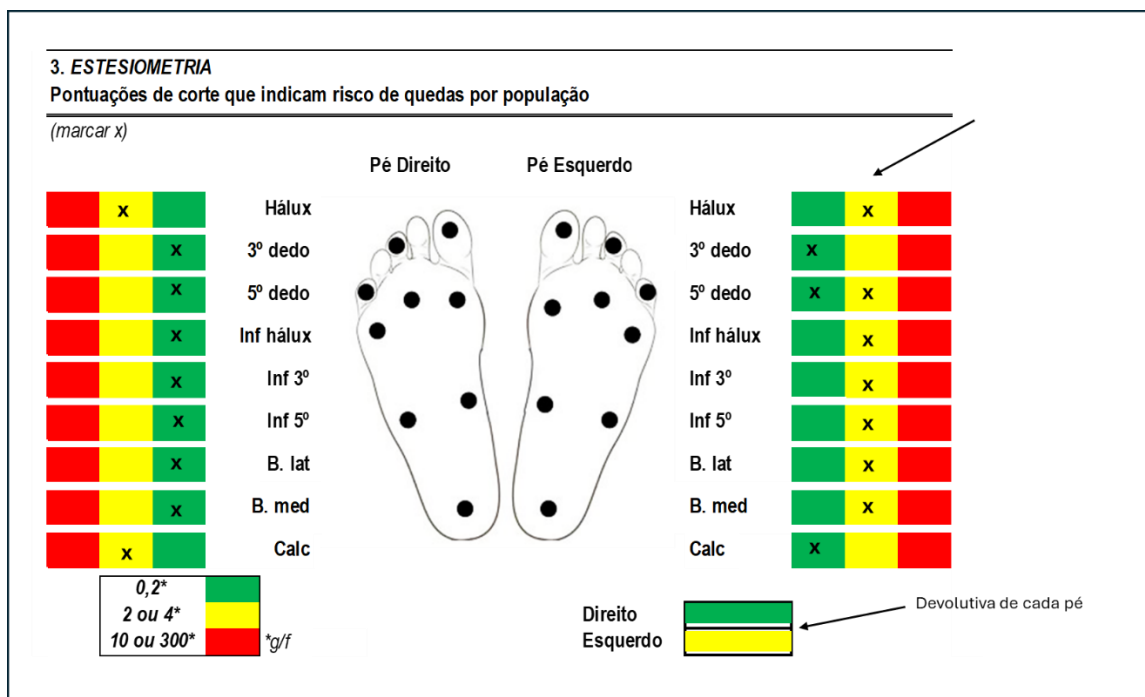


Figura A3- Detalhamento do Teste de Sensibilidade Cutânea Plantar no *Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada*.
Fonte: autor (2025).

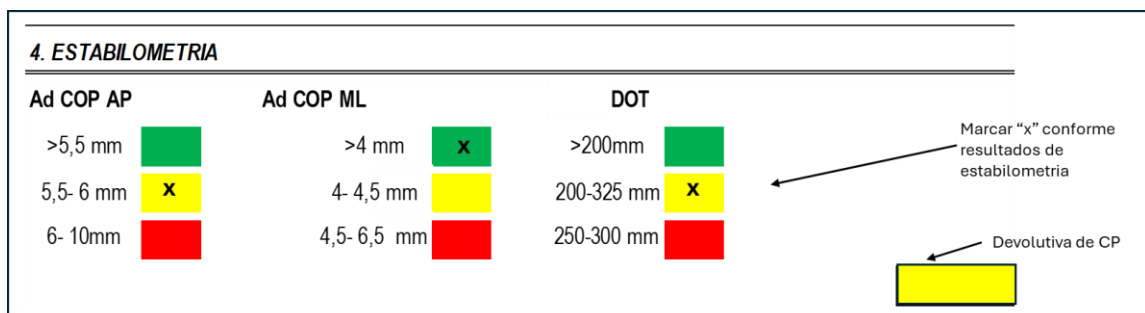


Figura A4- Detalhamento dos resultados da estabílometria no *Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada*.
Fonte: autor (2025).

Paciente, , sexo de anos, realizou os seguintes testes de capacidade funcional apresentando os seguintes resultados:
Em TUG, realizou a tarefa dispositivo de auxílio a marcha, com tempo de segundos
estando acima do valor de corte para risco de quedas considerado funcional para adultos idosos, representando risco aumentado para quedas.
No TC10m, a velocidade de marcha apresentada foi de m/s, valor considerado
do limites inferior ao predito para idosos do sexo masculino nesta faixa etária.
Na avaliação da sensibilidade foi identificado:
<i>Na região plantar do calcanhar observou-se perda da sensibilidade protetora, tomando a região vulnerável a lesões.</i>
<i>Em hálux observou-se sensibilidade protetora diminuída, suficiente para prevenir lesões, porém com dificuldade de discriminar forma e temperatura.</i>
<i>Observou-se ainda na região plantar cabeça da 1ª MTF perda da sensação protetora para o pé; ainda pode sentir pressão profunda e dor, risco relevante para úlceras em pacientes com neuropatia.</i>
<i>Baseado resultados compilados da etabilometria foi identificado maior deslovelamento do COP-Ap e DOT sugerindo menor estabilidade ortostática.</i>

Figura A5- Detalhamento de *Protocolo Combinado Utilizando Análise Multivariada*.
 Fonte: autor (2025).