

**LUCAS SIMIELI**

---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE**

---

**Variabilidade no andar com ultrapassagem de obstáculo de idosos  
com doença de Parkinson**

**Rio Claro  
2015**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**CAMPUS DE RIO CLARO**  
**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS**

**Variabilidade no andar com ultrapassagem de obstáculo de idosos com Doença  
de Parkinson**

**Lucas Simieli**

**Orientadora: Profa. Dra. Lilian Teresa Bucken Gobbi**

**Coorientador: Prof. Dr. Fabio Augusto Barbieri**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
CAMPUS DE RIO CLARO  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE RIO CLARO

### **CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** Variabilidade no andar com ultrapassagem de obstáculo de idosos com doença de Parkinson

**AUTOR:** LUCAS SIMIELI

**ORIENTADORA:** Profa. Dra. LILIAN TERESA BUCKEN GOBBI

**CO-ORIENTADOR:** Prof. Dr. FABIO AUGUSTO BARBIERI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE, Área: BIODINÂMICA DA MOTRICIDADE HUMANA, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. LILIAN TERESA BUCKEN GOBBI  
Departamento de Educação Física / Instituto de Biotécnicas de Rio Claro - SP

Prof. Dr. RENATO DE MORAES  
Universidade de São Paulo, Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto - SP

Profa. Dra. KÁTIA TANAKA  
Professora Doutora do Curso de Educação Física da UNIESP - São Paulo/SP

Data da realização: 11 de dezembro de 2015.

796.19 Simieli, Lucas  
S589v Variabilidade no andar com ultrapassagem de obstáculo  
de idosos com Doença de Parkinson / Lucas Simieli. - Rio  
Claro, 2015  
103 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Instituto de Biociências de Rio Claro  
Orientador: Lilian Teresa Bucken Gobbi  
Coorientador: Fabio Augusto Barbieri

1. Educação física adaptada. 2. Doenças  
neurodegenerativas e locomoção. 3. Andar adaptativo. 4.  
Controle motor. 5. Envelhecimento. I. Título.

## AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente, pois, independente da crença de cada um, sem fé eu não chegaria até essa etapa da minha vida acadêmica.

Aos meus pais. Marcelo e Claudia, sem a base sólida que vocês me deram, eu sucumbiria no primeiro obstáculo que surgisse. Vocês sem dúvida são a razão para eu buscar sempre mais e melhorar a cada dia. Pai e Mãe, colegas de profissão, obrigado pelo exemplo dentro da Educação Física que me fizeram enxergar essa área com tanto carinho. Amo muito vocês.

À minha irmã, Camila, que além de gêmea, me “aguentou” esses 2 anos e meio (e os outros 23), com paciência, sugestões, companheirismo, brigas, dicas fisioterapêuticas e, claro, muito amor. As brigas de irmãos que tivemos sempre serão lembradas com muita diversão, afinal delas que criamos nossa relação! Muito Obrigado Cá!

Aos meus familiares: avós, avôs, tios, tias, primos. Todos vocês fizeram parte dessa caminhada, sempre perguntando: “E aí, como está Rio Claro? Tá acabando?”. E sempre me incentivaram a manter os estudos em dia. Muito obrigado.

E não esqueço das minhas queridas cachorras: Akira, Pandora e Kiara (in memoriam), Luna e Nala, sem vocês também os finais de semana não seriam os mesmos. Obrigado pelas lambidas, carinhos, chinelos destruídos.

À minha namorada. Mayara, são 3 anos juntos, praticamente todo o meu Mestrado, e você sempre esteve ali para me colocar na linha e me apoiar nessa caminhada. Confesso que sem você, tudo seria mais difícil e não teria a mesma alegria. Muito obrigado pelos abraços, beijos, paciência, pelos gols dedicados, pelos presentes inesperados e por

entender que às vezes, eu só quero jogar um pouco de videogame. Espero que me “agente” durante o doutorado e o resto da vida! Te amo muito!

À minha orientadora Lilian Gobbi. Um exemplo de como ser orientadora, amiga, de “orientação humanizada” com excelência. Obrigado pelo convite no meu segundo ano de faculdade para me juntar ao seu laboratório. Sem ele, acredito que hoje não estaria aqui, defendendo minha dissertação e com essa bagagem de conhecimento que você me proporcionou. Desculpe as brincadeiras, as piadas sem graça (foram muitas), mas nunca me esquecerei dos ensinamentos que você me passou e de como um laboratório deve funcionar. Muito obrigado professora!

Ao meu coorientador Fabio Barbieri. Apesar do trabalho que eu te dei, dos trabalhos que você me deu, seu jeito de orientar também me fez crescer muito nesses anos trabalhando juntos. Você também é um exemplo para mim dentro da área acadêmica. Muito obrigado pelos puxões de orelha, pelas madrugadas trabalhando, pelo artigos discutidos, pelos churrascos, pelas oportunidades de escrever com você e, sobretudo, pela amizade.

À FAPESP, pelo apoio financeiro, na forma de bolsa de estudos, para a realização desta dissertação (processo 2013/21841-3).

À CAPES, pelo apoio financeiro, na forma de bolsa de estudos, durante o primeiro ano de realização desta dissertação.

Aos meus companheiros de LEPLO. Obrigado pela companhia nesses 6 anos. Cada momento vivido dentro do laboratório foi essencial para me tornar o profissional que sou hoje. Obrigado a cada um de vocês.

Ao meu irmão, amigo, e, com muito orgulho, afilhado Diego Orcioli (Jet Li). Obrigado por estar do meu lado durante as reuniões intermináveis, nos puxões de orelha, nos artigos escritos em cima da hora. Que possamos continuar caminhando juntos nas estradas que a vida nos reserva, mesmo que cada um vá para um lado. Obrigado Jet!

Aos que me ajudaram na coleta de dados. Ellen e Rodrigo, casal do LEPLO, muito obrigado pelo exemplo de vocês e pelas dicas nessa caminhada. Claudia, por ser a mais “velhinha” do time e com seu conhecimento de mãe, nos ajudar sempre. Paulo Cezar, Victor, Vinicius e André, obrigado por fazerem parte do meu Mestrado e me ajudarem a fazer o ambiente de coleta mais alegre!

Aos meus companheiros de república. André, Maycon, Guilherme (Rato) por serem a minha família nesses anos do mestrado e fazerem o possível para manter a casa um ambiente onde eu podia sentar e escrever com tranquilidade! Obrigado pelos churrascos inesperados, pelos jantares especiais e, sobretudo, pela família que vocês foram e sempre serão para mim.

Ao Futsal masculino UNESP/RC. Obrigado por serem meu momento de lazer e pelas amizades criadas ao longo desses anos fazendo parte do time. Esse ano, em especial, como capitão, obrigado por me acolherem sempre e me ouvirem com atenção quando foi necessário. Que muitos títulos façam parte da história desse excelente time.

Ao Futsal feminino UNESP/RC. Meu muito obrigado por deixarem que eu assumisse como técnico e desempenhasse este outro ramo da Educação Física que eu gosto muito. Obrigado pelas risadas, pelas músicas (Raquel, em especial), pelas broncas que me fizeram dar em vocês, etc. Espero que possamos terminar o ano com o título do Inter. Muito obrigado.

Ao futebol de Campo da UNESP/RC. Meu muito obrigado pelos diversos treinos ao meio-dia, e mesmo assim, mantendo a alegria e ousadia que esse time têm como características. As diversas finais e títulos conquistados, só resta o meu muito obrigado.

Ao PROPARKI e PROFIT. Aos idosos dos dois programas que foram generosos e entenderam a necessidade do voluntariado para tornar essa dissertação possível. Apenas com esse pensamento conseguimos fazer com que a Ciência avance. Muito obrigado a cada um de vocês.

Aos meus amigos de Jaboticabal. Mesmo que eu volte pouco para casa, vocês fazem com que “Jabuka” sempre seja o meu lar. João Luiz (Jabukinha), Everton, (Jabuka), José Lucas (Cenora), Marcus (Rabicó), Ramon, Matheus e tantos outros. Mesmo longe, que possamos nos encontrar sempre para matar um pouco da saudade dos bons e velhos tempos.

Ao BLEF 2008. Alguns ainda vejo com mais com frequência, outros nem tanto, mas que a amizade criada ao longo dos anos de graduação, sirvam como exemplo de que a amizade dura muitos anos e basta um reencontro para tudo voltar aos tempos da faculdade. Obrigado Marcelo (Kavaco), Marcelo (Birula), Cléber, Luiz Felipe, Vinicius, Vitor por formarem a melhor turma que essa universidade já teve!

## Resumo

A morte dos neurônios dopaminérgicos da substância negra acarreta nos sinais e sintomas característicos da Doença de Parkinson (DP). Além disso, é comum alterações no andar dessa população, alterando também a variabilidade dos parâmetros espaciais e temporais da marcha. A variabilidade dos parâmetros espaciais e temporais tem sido utilizada como ferramenta importante para identificar idosos caidores e demência. Assim, o objetivo do estudo é analisar a variabilidade dos parâmetros espaciais e temporais do andar em idosos com DP em durante a ultrapassagem de obstáculo de diferentes alturas, e, após, identificar parâmetros preditores de quedas em idosos com DP e neurologicamente saudáveis. Participaram do estudo 78 idosos (39 idosos com DP e 39 idosos neurologicamente saudáveis). A fim de responder os questionamentos, três estudos foram propostos. Para os estudos 1 e 2, participaram 28 idosos (15 idosos com DP e 13 idosos neurologicamente saudáveis). A tarefa consistiu em percorrer andando em velocidade preferida uma passarela de 8 metros de comprimento. O obstáculo de espuma foi posicionado no centro da passarela nas condições do andar adaptativo. Para a fase de aproximação foram utilizados os quatro passos antes da ultrapassagem do obstáculo. Para a ultrapassagem, apenas o passo de ultrapassagem, tanto da perna de abordagem quanto da perna de suporte foram utilizados na análise. Ainda foram calculadas as distâncias horizontais e verticais em relação ao obstáculo. Os resultados revelaram maior variabilidade para os passos mais próximos ao obstáculo. Além disso, a altura do obstáculo é fator importante nessas fases. O obstáculo baixo revelou-se tão desafiador quanto o obstáculo alto, aumentando a variabilidade dos idosos de ambos os grupos. No estudo 3, os participantes foram distribuídos em 4 grupos (idosos com DP caidores e não caidores, idosos neurologicamente saudáveis caidores e não caidores). Os procedimentos, delineamento experimental e metodologia foram semelhantes ao estudo 1, porém a altura do obstáculo foi apenas uma. Para aquisição dos parâmetros do andar nos três estudos foram utilizados um aparelho optoeletrônico de análise do movimento (Optotrack®) e um tapete com sensores de pressão (GAITrite®). Ainda, duas plataformas de força (AMTI®) estavam posicionadas na passarela para aquisição dos parâmetros cinéticos. A análise ROC foi empregada para determinação das variáveis preditoras de quedas nessa população. Os resultados indicaram parâmetros importantes para a predição de quedas, principalmente na fase de aproximação, onde os primeiros passos foram bons classificadores para determinar idosos caidores. Além disso, as distâncias horizontais entre o pé e o obstáculo também apresentaram bom desempenho para classificar os idosos como caidores. Considerar os idosos caidores como aqueles que caíram duas ou mais vezes no período é uma estratégia eficiente, pois auxilia na diferenciação entre os grupos, tornando a análise mais fidedigna.

## Abstract

The degeneration of dopaminergic neurons of the substantia nigra leads to signs and symptoms of Parkinson's disease (PD). Furthermore, it is common that PD people have gait changes, also changing the gait variability. The variability of gait parameters has been used as an important tool to identify fallers and dementia. The aim of the study is to analyze the spatial variability of gait parameters in patients with PD during the obstacle avoidance of different heights, and after, identify predictive parameters of falls in older adults with PD and healthy neurologically individuals. Study participants were 78 elderly (39 elderly people with PD and 39 neurologically healthy individuals). In order to answer the questions, three studies were proposed. For Studies 1 and 2, participated 28 individuals (15 individuals with PD and 13 neurologically healthy individuals). The task consisted at walking on a walkway (8 meters long) at preferred speed. The foam obstacle was positioned in the middle of the walkway during the conditions of the adaptive floor. For the approach phase four steps before the obstacle were used. For obstacle avoidance, only the “avoidance step” of both the leading limb and the trail limb were used in the analysis. We also calculated the horizontal and vertical distances from the obstacle. The results revealed greater variability to the nearest obstacle to the steps. Furthermore, the obstacle height is an important factor in these phases. The low obstacle proved to be as challenging as the high obstacle, increasing the variability in both groups. In Study 3, participants were distributed into 4 groups (PD fallers and non-fallers, neurologically healthy elderly fallers and non-fallers). Procedures, experimental design and methodology were similar to Study 1, but the obstacle height was only one (low). To acquire the gait parameters in the three studies we used an optoelectronic device movement analysis (Optotrack®) and a carpet with pressure sensors (GAITrite®). Also two force plates (AMTI®) were positioned on the walkway for the acquisition of kinetic parameters. The ROC analysis was used to determine the predictors of falls in this population. The results indicate important parameters for predicting falls, especially in the approach phase, where the first steps (further to the obstacle) were good classifiers to determine fallers. In addition, the horizontal distance between foot and the obstacle also performed well to classify as elderly fallers. Consider the fallers as those that fell two or more times in the period is an effective strategy, it helps in differentiating the group, making it more reliable analysis.

## Sumário

LISTA DE FIGURAS .....	12
LISTA DE TABELA.....	13
1. Introdução Geral .....	14
1.1 Características da doença de Parkinson .....	15
1.2 Locomoção na doença de Parkinson e quedas .....	17
1.3 Variabilidade e doença de Parkinson .....	19
1.4 Objetivos e delineamento desta dissertação.....	21
1.5 Referências bibliográficas .....	22
2. A variabilidade da fase de aproximação para ultrapassagem de um obstáculo é dependente da altura do obstáculo em idosos com doença de Parkinson.....	28
2.1 Introdução.....	30
2.2 Materiais e Método.....	32
2.2.1 Avaliações clínicas .....	33
2.2.2 Delineamento experimental .....	33
2.2.3 Análise de dados .....	35
2.2.4 Análise estatística .....	35
2.3 Resultados.....	36
2.3.1 Valores médios dos parâmetros espaciais e temporais .....	37
2.3.2 Variabilidade interpassos .....	39
2.3.3 Variabilidade intrapassos .....	40
2.3.4 Variabilidade da distância horizontal entre o pé e o obstáculo.....	44
2.4 Discussão.....	44
2.4.1 Idosos com DP apresentam maior variabilidade da fase de aproximação para ultrapassagem de obstáculo que idosos neurologicamente saudáveis.....	46
2.4.2 O último passo de aproximação para ultrapassagem de obstáculo baixo aumenta a variabilidade do andar .....	48
2.5 Conclusão .....	49
2.6 Referências bibliográficas .....	50
3 - A altura do obstáculo influencia a variabilidade dos passos de ultrapassagem de idosos com doença de Parkinson .....	54
3.1 – Introdução.....	56
3.2 Método.....	58

3.2.1 Participantes .....	58
3.2.2 Avaliações clínicas e do andar .....	59
3.2.3 Análise dos dados .....	60
3.2.4 Análise estatística .....	61
3.3 Resultados.....	62
3.3.1 Variabilidade dos parâmetros espaço-temporais .....	64
3.3.2 Variabilidade das distâncias horizontais entre o pé e o obstáculo .....	64
3.3.3 Variabilidade das distâncias verticais entre o pé e o obstáculo .....	66
3.3.4 Variabilidade dos parâmetros cinéticos .....	68
3.4 Discussão .....	70
3.5 Conclusão .....	73
3.6 Referências bibliográficas .....	74
4. Variabilidade dos parâmetros espaço-temporais do andar com obstáculo predizem quedas em idosos com doença de Parkinson e neurologicamente sadios.....	79
4.1 Introdução.....	81
4.2. Materiais e método .....	82
4.2.1. Participantes.....	82
4.2.2 Classificação de caidor e não caidor.....	83
4.2.3 Avaliação clínica.....	83
4.2.4 Avaliação do andar com ultrapassagem de obstáculo.....	84
4.2.5 Análise de dados .....	84
4.2.6 Fase de aproximação para o obstáculo.....	85
4.2.7 Fase de ultrapassagem do obstáculo .....	85
4.2.8 Análise estatística .....	86
4.3 Resultados.....	87
4.3.1 Fase de aproximação para ultrapassagem do obstáculo.....	88
4.3.2 Fase de ultrapassagem do obstáculo .....	90
4.4 Discussão .....	92
4.5 Conclusão .....	96
4.6 Referências bibliográficas .....	97
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	101
ANEXO 1 – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA.....	103
ANEXO 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....	108

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Ilustração dos 4 passos analisados para o andar sem ultrapassagem de obstáculo (a) e com ultrapassagem de obstáculo (b).....34
- FIGURA 2.** Médias e desvios padrão da variabilidade interpassos dos parâmetros espaciais e temporais para cada condição do estudo.....40
- FIGURA 3.** Variabilidade da distância entre o pé e o obstáculo (média±desvio padrão) de cada passo analisado para as condições com presença de obstáculo.....44
- FIGURA 4.** Interação grupo\*obstáculo para a variabilidade das distâncias horizontais entre o pé e o obstáculo antes e após a ultrapassagem do obstáculo para o membro de abordagem e de suporte.....66
- FIGURA 2.** Médias e desvios padrão da variabilidade da distância vertical do pé para o obstáculo do membro de abordagem e suporte.....68
- FIGURA 3.** Médias e desvios padrão para a variabilidade do impulso de frenagem e propulsão no sentido vertical das plataformas de força antes e após o obstáculo em cada condição de obstáculo para cada grupo.....69
- FIGURA 1.** Curvas ROC do desempenho dos classificadores do grupo controle (a) e DP (b). Os idosos caídores foram aqueles que apresentaram uma queda no período avaliado.....89
- FIGURA 2.** Curvas ROC dos classificadores de desempenho em idosos controle e idosos com DP. Os idosos caídores foram considerados aqueles que apresentaram 1 queda no período (a e c). Para as figuras b e d, os idosos foram considerados caídores quando apresentaram 2 ou mais quedas no período.....92

## LISTA DE TABELA

<b>TABELA 1.</b> Médias e desvios padrão das características e da função cognitiva do grupo controle e dos idosos com DP.....	36
<b>TABELA 2.</b> Médias e desvios padrão dos parâmetros espaciais e temporais para cada condição do estudo.....	38
<b>TABELA 3.</b> Médias e desvios padrão da variabilidade da duração do passo na interação grupo*passo*obstáculo.Livre: andar sem ultrapassagem de obstáculo.....	43
<b>TABELA 1.</b> Média (desvios padrão) do parâmetros de ultrapassagem.....	63
<b>TABELA 3.</b> Médias e desvios padrão da variabilidade dos parâmetros analisados por condição.....	64
<b>TABELA 4.</b> Médias e desvios padrão das características antropométricas e clínicas do grupo DP de caidores e não caidores e grupo controle de caidores e não caidores.....	88
<b>TABELA 2.</b> Valores das análises ROC sobre o desempenho de classificadores na predição de quedas independente do grupo, considerando caidor o idoso que apresentou duas ou mais quedas no período de 1 ano.....	90

## 1. Introdução Geral

Idosos com doença de Parkinson (DP) apresentam maiores valores de variabilidade nos parâmetros do andar que idosos neurologicamente sadios (GOLDBERGER et al., 2002). Esse aumento na variabilidade é considerado forte preditor de quedas (NAKAMURA et al., 1996; GALNA et al., 2009), além de estar relacionado com o aparecimento de demências (GRIFFIN, WEST, WEST, 2000). O estudo da variabilidade do andar é importante para fornecer respostas sobre o comportamento do andar de idosos com DP, especialmente na ultrapassagem de obstáculos que é uma tarefa realizada diariamente. Além disso, a variabilidade dos parâmetros do andar parece ser uma variável mais fina para detectar mudanças na locomoção (HAUSDORFF et al., 2005) do que os valores médios dos parâmetros que são utilizados convencionalmente, principalmente para idosos com DP que apresentam déficits motores e somatossensoriais que prejudicam o andar. No entanto, esta variável é ainda pouco utilizada em estudos com locomoção adaptativa, apresentando uma série de lacunas, como por exemplo, o efeito de diferentes alturas de obstáculo na variabilidade dos parâmetros do andar e o comportamento desta variável em idosos com DP caidores e não caidores. Com isso, a fim de investigar estas lacunas e avançar no conhecimento sobre a variabilidade do andar de idosos com DP, esta dissertação tem como objetivo analisar a variabilidade do andar de pacientes com DP durante a ultrapassagem de obstáculo em diferentes alturas, relacionando com quedas. Para isso, foram conduzidos três estudos com diferentes enfoques.

Nessa introdução geral, primeiramente são apresentadas as características dos idosos com doença de Parkinson e os sinais motores que interferem na locomoção. Na sequência, é indicado o relacionamento entre os déficits causados pela DP na

locomoção e o elevado número de quedas dessa população. Após isso, a explicação para o estudo da variabilidade dos parâmetros da marcha é apresentada. Finalmente são detalhados os objetivos de cada estudo e o delineamento experimental da dissertação.

### *1.1 Características da doença de Parkinson*

É comum durante o processo de envelhecimento, o aparecimento de doenças neurodegenerativas, entre elas a DP, que afeta cerca de 3,3% da população brasileira acima dos 64 anos (BARBOSA et al., 2006). Estes dados epidemiológicos justificam por si só o interesse no estudo da DP, tornando-se ainda mais relevante quando aspectos motores e sensoriais relacionados à locomoção estão incluídos na pesquisa.

A DP é uma enfermidade neurológica progressiva, caracterizada pela degeneração dos neurônios dopaminérgicos da substância negra (parte compacta), situada nos núcleos da base (TAKAKUSAKI et al., 2008). Com a redução da quantidade de dopamina no organismo, há diminuição da atividade neural na via facilitadora do movimento, conhecida como via direta, e aumento de disparos na via inibidora do movimento, conhecida como via indireta (TAKAKUSAKI et al., 2008). Em condições saudáveis, a dopamina participa de projeções inibitórias (via indireta) do estriado ao globo pálido externo (mediada pelos neurotransmissores GABA), do globo pálido externo aos núcleos subtalâmicos e dos núcleos subtalâmicos à substância negra parte reticulada. Além dessas conexões, outras são importantes e, em boas condições, permitem que o córtex motor module de maneira correta os movimentos de acordo com as limitações do ambiente. Dessa maneira, quando uma ação é requisitada, componentes devem ser inibidos ou facilitados, melhorando o movimento (GOBBI et al., 2009). Como resultado da morte desses neurônios e menor quantidade de dopamina, os principais sinais e sintomas da DP são os seguintes:

- i) tremor de repouso, apesar de ser o sinal clássico da DP, não ocorre em, aproximadamente, 30% dos pacientes (OLANOW et al., 2009). O tremor é caracterizado por movimentos alternados e rítmicos de flexão e extensão, sendo comum nas mãos, lábios, queixos, mandíbula, língua e pernas (OLANOW et al., 2009). Durante a ação do medicamento, ocorre a diminuição desse sintoma (OLANOW et al., 2009);
- ii) rigidez é caracterizada pelo aumento da resistência ao movimento passivo, ao longo de toda amplitude do movimento, que provém do desequilíbrio excitatório/inibitório entre os músculos agonistas e antagonista (KING, HORAK, 2009; OLANOW et al., 2009). Com o avanço da doença, a rigidez se torna mais severa, devido a mudanças nas características mecânicas dos músculos desses pacientes (ANASTASOPOULOS et al., 2009). Este sintoma é mais severo que o tremor e pode resultar em outra condição característica da DP: postura fletida. Dessa forma, o andar é realizado em blocos, com menor oscilação dos braços, aumentando a instabilidade;
- iii) bradicinesia pode ser considerada o sintoma com maior prevalência entre os idosos com DP e é um dos sintomas que mais compromete o sistema motor destes idosos. Pode ser definida como a lentidão de movimentos voluntários, mas também está associada com perturbações e respostas posturais lentas e fracas (PEREIRA, BATISTELA, SIMIELI, 2014). Neurologicamente, está associada à diminuição da integração da informação de planejamento, iniciação e execução (ROCHESTER et al., 2008). Olanow e colaboradores (2009) acreditam que a bradicinesia não afeta os programas motores dos pacientes, mas a forma como eles são acionados, o que pode justificar a eficácia de dicas externas (visuais ou auditivas);
- iv) hipometria (diminuição da amplitude dos movimentos), associada à rigidez muscular, é responsável pelos menores valores nos parâmetros espaciais da locomoção (ROCHESTER et al., 2008; VITÓRIO et al., 2010, BARBIERI et al., 2012).

v) instabilidade postural, diminuição da capacidade de conservar a postura de maneira eficiente e responder adequadamente à uma perturbação, é outro sintoma característico da DP e um fator importante que contribui para o elevado número de quedas apresentado por essa população (STOLZE et al., 2004; VITÓRIO et al., 2010; PIERUCCINI-FARIA et al., 2013).

Além disso, idosos com DP apresentam dificuldades em realizar movimentos coordenados, sequenciais e com maior complexidade que exigem alta demanda atencional (MORRIS, IANSEK, 1996), como por exemplo, o andar com ultrapassagem de obstáculo. Estas características da DP influenciam diretamente na variabilidade do andar desta população, principalmente nos parâmetros temporais (PLOTNIK et al., 2005).

### *1.2 Locomoção na doença de Parkinson e quedas*

Como consequência de tropeços ou desequilíbrios, Williams e colaboradores (2006) reportaram que 16,9% das quedas dos pacientes com DP resultaram em fraturas. Temlett e Tompsom (2006) indicaram que complicações resultantes das quedas são a segunda maior causa de hospitalização de pacientes com DP. Com isso, os gastos financeiros com cuidados para esta população atingem valores de U\$23.101,00 por idoso/ano no Estados Unidos (HUSE et al., 2005). Estes números demonstram a importância e justificam o interesse no estudo da DP, ainda mais quando questões relacionadas a quedas estão inclusas na pesquisa. A busca por preditores de quedas é de fundamental importância para o delineamento de estratégias que possam garantir um treinamento adequado desses pacientes e diminuir a incidência de quedas nessa população.

A instabilidade postural durante a realização do andar é uma das principais causas do aumento no número de quedas de idosos com DP (MORRIS et al., 2001). Diversos estudos têm identificado alterações nos padrões do andar de idosos com DP quando comparados a idosos saudáveis (BLOEM et al., 2004; MORRIS et al., 1994; MINAMISAWA et al., 2012; SOFUWA et al., 2005; LEWIS et al., 2000). O andar de idosos com DP é caracterizado por diminuição do comprimento da passada (MORRIS et al., 2009), menor velocidade (VITÓRIO et al., 2011; GOBBI et al., 2009), instabilidade postural (BLOEM et al., 2001), aumento do tempo em duplo suporte (MORRIS et al., 1996) e maior variabilidade (HAUSDORFF et al., 1998; HOLLMAN et al., 2007; BRYANT et al., 2012). Com isso, os idosos com DP diminuem a independência do andar, aumentando a propensão de tropeços e, conseqüentemente, quedas (MORRIS et al., 2001).

Alguns parâmetros do andar são preditores de quedas para idosos saudáveis e com DP. Os valores do comprimento da passada, duração da passada e velocidade do andar são considerados os principais preditores de quedas para o andar sem demanda ambiental (ultrapassagem de obstáculo) (GOLDBERGER et al., 2002; GRIFFIN et al., 2000; HAUSDORFF et al., 1996). Em idosos com DP, a predição de quedas está principalmente relacionada ao aumento na variabilidade do comprimento e da duração da passada (HAUSDORFF et al., 1998). Ainda, a dificuldade em processar a informação é outro fator que parece aumentar o risco de tropeçar durante o andar (VITÓRIO et al., 2014).

O andar em ambientes irregulares, esburacados ou com obstáculos, é o tipo de andar que mais ocorre no dia-a-dia (GALNA et al., 2013) e é considerado mais desafiador. Idosos caidores apresentam dificuldades nos ajustes dos parâmetros do andar para a ultrapassagem de obstáculo (STOLZE et al., 2004; PATLA, 1997). Obter

ajustes refinados nas distâncias do pé para o obstáculo, na horizontal ou na vertical (*toe clearance*) exige integração entre a propriocepção e o sistema nervoso, que está prejudica na DP (VITÓRIO et al., 2010). Este quadro é agravado para idosos caidores com DP. Além disso, o planejamento e a execução do andar com demanda ambiental é ajustado inadequadamente pelos idosos (PATLA, 2003) e, ainda mais, por idosos com DP. Apesar de diversos estudos analisarem a influência do obstáculo (VITÓRIO et al., 2010; GALNA et al., 2013; PATLA, 2003; STOLZE et al., 2004; PIERUCCINI-FARIA et al., 2006, 2013), apenas dois estudos investigaram o comportamento do andar desta população durante a ultrapassagem de diferentes alturas de obstáculos. Vitória e colaboradores (2010) e Pieruccina-Faria e colaboradores (2013) identificaram que os idosos com DP conseguem adaptar o andar de acordo com a altura do obstáculo (obstáculo alto - metade da altura do joelho; obstáculo baixo - altura do tornozelo). Ainda, Vitória e colaboradores (2010) identificaram que pacientes com DP aproximam o pé do obstáculo (*toe clearance* - vertical) mais que seus pares neurologicamente saudáveis, podendo ser uma possível explicação para o aumento no número de quedas devido ao aumento na chance de tropeçar no obstáculo (STOLZE et al., 2004). Porém, nenhum dos estudos anteriores investigou o efeito da altura do obstáculo na variabilidade dos parâmetros do andar, especialmente relacionados a quedas.

### *1.3 Variabilidade e doença de Parkinson*

Variabilidade é definida como a uma medida de dispersão do indivíduo durante a realização de uma tarefa (HAUSDORFF, 2005). A variabilidade dos parâmetros do andar é considerada um importante fator na prevenção e predição de quedas em idosos neurologicamente saudáveis e com doença neurodegenerativa (HAUSDORFF, 2013; HERMAN et al., 2005; HAUSDORFF et al., 2001; EBERSBACH et al., 1995; YOGEV

et al., 2006). A variabilidade nos parâmetros temporais do andar está relacionada com mecanismos que regulam a ritmicidade da marcha e o gerador central de padrão, enquanto que a variabilidade nos parâmetros espaciais está relacionada com os mecanismos de controle do equilíbrio (GABELL e NAYAK, 1984). Ainda, devido a degeneração da DP atingir regiões responsáveis pelo controle automático do andar (núcleos da base, em especial, o putâmen posterior), o andar dos pacientes se torna mais dependente das regiões neocorticais (DIRMBERGER et al., 2013), o que também favorece o aumento da variabilidade dos parâmetros da marcha, principalmente durante a realização de tarefas concomitantes ao andar (ROCHESTER et al, 2008). Em adultos saudáveis, a variabilidade do andar é relativamente menor, o que indica precisão e segurança entre os sistemas que regulam o andar (HAUSDORFF et al, 1997; TERRIER e SCHUTZ, 2003). Entretanto, quando ocorrem deteriorações em alguns desses sistemas, como na DP, há aumento da variabilidade do movimento e/ou alterações em outros parâmetros relacionados ao andar.

Idosos com DP apresentam maior variabilidade nos parâmetros do andar em relação aos idosos sadios (HAUSDORFF et al., 1998; ROEMMICH et al., 2012). A maior variabilidade do andar observada em idosos com DP é explicada em termos fisiopatológicos pelo déficit na ritmicidade interna dos núcleos da base (MCINTOSH et al., 1997; BROTHIE et al., 1991; THAUT, 2003; JANTZEN et al., 2005; ZELAZNIK et al., 2005; NAGY et al., 2006). Além disso, a ritmicidade do movimento também é controlada por outras estruturas neurais, como o tronco cerebral, a medula e o cerebelo. Nos núcleos da base, o putâmen e suas projeções nigro-estriatais são as principais estruturas envolvidas (HARRINGTON, HAALAND e KNIGHT, 1998; RAO et al., 1997). Tais projeções são parte do feedback da circuitaria que envolve o córtex motor, o estriado, o globo pálido, o tálamo e a área motora suplementar, e estão relacionadas com

a regulação interna de movimentos repetitivos, como a marcha. Com isso, ocorre maior modulação dos parâmetros do andar, representado pela maior variabilidade do andar característico desta população, o que pode aumentar o risco de quedas. Ainda, idosos caidores com DP apresentam aumento da variabilidade do comprimento da passada (HAUSDORFF, 2005) e do tempo da passada em relação a idosos não-caidores com DP (HAUSDORFF et al., 2001).

Apesar de achados importantes, os estudos anteriores não apresentaram em seu delineamento um grupo controle de caidores, havendo dificuldade em distinguir efeitos do envelhecimento e da DP. Além disso, estudos sobre a variabilidade do andar durante ultrapassagem de obstáculo são ainda escassos e não consideram a complexidade da tarefa, utilizando apenas uma altura do obstáculo. Um delineamento experimental com diferentes alturas do obstáculo pode gerar mudanças nas estratégias dos parâmetros andar, modulando a variabilidade destes parâmetros.

#### *1.4 Objetivos e delineamento desta dissertação*

O objetivo geral da presente dissertação é avaliar a variabilidade do andar dos pacientes com DP, a fim de entender como é o comportamento em diferentes alturas e identificar parâmetros preditores de quedas nessa população. Uma série de experimentos sobre a variabilidade do andar durante a ultrapassagem de obstáculo de idosos com DP foram realizados para responder os seguintes questionamentos: i) A presença do obstáculo, em diferentes alturas, aumenta a variabilidade do andar dos idosos com DP em relação aos idosos neurologicamente saudáveis? ii) Idosos caidores neurologicamente saudáveis e com DP apresentam maior variabilidade do andar com ultrapassagem de obstáculo que seus pares não-caidores? iii) A variabilidade dos

parâmetros do andar com obstáculo pode ser considerada uma variável preditora de quedas em idosos neurologicamente sadios e com DP?

O primeiro estudo investigou a variabilidade da fase de aproximação do andar de idosos com DP e idosos sadios para diferentes alturas de obstáculos na fase de aproximação no andar. No segundo estudo o foco foi a variabilidade dos parâmetros do andar na fase de ultrapassagem. Finalmente, no último estudo, a variabilidade dos parâmetros do andar com ultrapassagem de obstáculo de idosos com DP caídoes e não caídoes foi avaliada para determinar os preditores de quedas.

### 1.5 Referências bibliográficas

- ANASTASOPOULOS, D.; MAURER, C.; NASIOS, G. MERGNER, T. Neck rigidity in Parkinson's disease patients is related to incomplete suppression of reflexive head stabilization. **Experimental Neurology**. v. 217, n. 2, p. 336- 346, 2009.
- BARBIERI, F.A; RINALDI, N.M.; SANTOS, P.C.; LIRANI-SILVA, E.; VITÓRIO,R.; TEIXEIRA-ARROYO,C.; STELLA, F.; GOBBI, L.T.; PROPARKI Group. Functional capacity of Brazilian patients with Parkinson's disease (PD): relationship between clinical characteristics and disease severity. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v.54, n.2, p.e83-88, 2012.
- BARBOSA, M.T.; CARAMELLI, P.; MAIA, D.P.; CUNNINGHAM, M.C.Q.; GUERRA, H.L.; LIMA-COSTA, M.F.; CARDOSO, F. Parkinsonism and Parkinson's disease in the elderly: A community-based survey in Brazil (the Bambuí Study). **Movement Disorders**, v.21, n.6, p. 800-808, 2006.
- BLOEM, B.R.; GRIMBERGEN, Y.A.; CRAMER, M.; WILLEMSSEN, M.; ZWINDERMAN, A.H. Prospective assessment of falls in Parkinson's disease. **Journal of Neurology**. v. 248, p. 950 –958, 2001.
- BLOEM, B.R.; HAUSDORFF, J.M.; VISSER, J.E.; GILADI, N. Falls and freezing of gait in Parkinson's disease: A review of two interconnected, episodic phenomena. **Movement Disorders**, v.19, n.8, p.871-874, 2004.
- BROTCHIE, P.; IANSEK, R.; HORNE, M. A neural network model of neural activity in the monkey globus pallidus. **Neurosciences Letters**. v. 131, n. 1, p. 33-36, 1991.

- BRYANT, M.S.; RINTALA, D.H.; HOU, J.G.; CHAMESS, A.L.; FERNANDEZ, A.L.; COLLINS, R.L.; BAKER, J.; LAI, E.C.; PROTAS, E.J. Gait variability in Parkinson's disease: influence of walking speed and dopaminergic treatment. **Neurological Research**. v. 33, n. 9, p. 959-964, 2011.
- DIRNBERGER, G.; JAHANSHAH, M. Executive dysfunction in Parkinson's disease: A review. **Journal of Neuropsychology**. v.7, p.193-224, 2013
- EBERSBACH, G.; DIMITRIJEVIC, M.R.; POEWE, W. Influence of concurrent tasks on gait: a dual-task approach. **Perceptual of Motor Skills**. v. 81, n.1, p. 107-113, 1995.
- GABELL, A.; NAYAK, U.S. The effect of age on variability in gait. **Journal of Gerontology**. v. 39, p. 662-666, 1984.
- GALNA B, et al. Obstacle crossing in Parkinson's disease: Mediolateral sway of the centre of mass during level-ground walking and obstacle crossing. **Gait and Posture**, (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.03.024>
- GOBBI, L.T.B.; OLIVEIRA-FERREIRA, M.D.T.; CAETANO, M.J.; LIRANI-SILVA, E.; BARBIERI, F.A.; STELLA, F.; GOBBI, S. Exercise programs improve mobility and balance in people with Parkinson's disease. **Parkinsonism and Related Disorders**. v. 15S3, p. S49-S52, 2009.
- GOLDBERGER, A. L, AMARAL, L.A.N.; HAUSDORFF, J.M.; IVANOV, P.C.; PENG, C.K. STANLEY H.E. Fractal dynamics in physiology: Alterations with disease and aging. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. v. 99, p. 2466-2472, 2002.
- GRIFFIN, L.; WEST, D.J.; WEST, B.J. Random stride intervals with memory. **Journal of Biological Physics**, v. 26, p. 185-202, 2000.
- HARRINGTON, D.L.; HAALAND, K.Y.; KNIGHT, R.T. Cortical networks underlying mechanisms of time perception. **Journal of Neurosciences**. v. 18, n. 3, p. 1085-1095, 1998.
- HAUSDORFF, J.M. Gait variability: methods, modeling and meaning. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**. v. 2, n. 19, p. 1-9, 2005.
- HAUSDORFF, J.M. Gait variability: methods, modeling and meaning. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**. v. 2, n. 19, p. 1-9, 2005.
- HAUSDORFF, J.M.; PURDON, P.L.; PENG, C.K.; LADIN, Z.; WEI, J.Y.; GOLDBERGER, A.L. Fractal dynamics of human gait: stability of long-range

- correlations in stride interval fluctuations. **Journal of Applied Physiology**. v. 80, p.1448-1457, 1996.
- HAUSDORFF, J.M.; RIOS, D.A. EDELBERG, H.K. Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. **Archives of Physical Medicine Rehabilitation**. v. 82, p. 1050-1056, 2001.
- HERMAN, T.; GILADI, N.; GUREVICH, T.; HAUSDORFF, J.M. Gait instability and fractal dynamics of older adults with a "cautious" gait: why do certain older adults walk fearfully? **Gait and Posture**, v. 21, p.178-185, 2005.
- HOLLMAN, J.H.; KOVASH, F.M.; KUBIK, J.J. LINBO, R.A. Age-related differences in spatiotemporal markers of gait stability during dual task walking. **Gait and Posture**. v. 26, n. 1, p.113-119, 2007.
- JANTZEN, K.J.; STEINBERG, F.L.; KELSO, J.A.S. Functional MRI reveals the existence of modality and coordination-dependent timing networks. **NeuroImage**. v. 25, p. 1031-1042, 2005.
- KING, L.A; HORAK, F.B. Delaying mobility disability in people with Parkinson Disease using a sensorimotor agility exercise program. **Physical Therapy**. v.89,n. 4, p. 384-389, 2009.
- LEWIS, G.N.; BYBLOW, W.D.; WALT, S.E. Stride length regulation in Parkinson's disease: the use of extrinsic, visual cues. **Brain**, v.123, p.2077-2090, 2000.
- McINTOSH, G.C.; BROWN, S.H.; RUTH, R.R.; THAUT, M.H. Rhythmic auditory-motor facilitation of gait patterns in patients with Parkinson's disease. **Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry**. v. 62, p. 22-26, 1997.
- MINAMISAWA, T.; SAWAHATA, H.; TAKAKURA, K.; YAMAGUCHI, T. Characteristics of temporal fluctuation of the vertical ground reaction force during quiet stance in Parkinson's disease. **Gait and Posture**. v. 35, 308-311, 2012.
- MORRIS, M.E.; HUXHAM, F.; MCGINLY, J.; DODD, K.; TANSEK, R. The biomechanics and motor control of gait in Parkinson disease. **Clinical Biomechanics**, v.16, p.459-470, 2001.
- MORRIS, M.E.; IANSEK, R. Characteristics of motor disturbance in Parkinson's disease and strategies for movement rehabilitation. **Human Movement Science**, v.15, p.649-669, 1996.
- MORRIS, M.E.; IANSEK, R.; KIRKWOOD, B. A randomized controlled trial of movement strategies compared with exercise for people with Parkinson's disease. **Movement Disorders**. v. 24, n. 1, p. 64-71, 2009.

- MORRIS, M.E.; IANSEK, R.; MATYAS, T.A.; SUMMERS, J.J. Stride length regulation in Parkinson's disease. Normalization strategies and underlying mechanisms. **Brain**. v. 119, parte 2, p. 551-568, 1996.
- NAGY, A.; EORDEGH, G.; PARÓCZY, Z.; MÁRKUS, Z.; BENEDEK, G. Multisensory integration in the basal ganglia. **European Journal of Neuroscience**. v. 24, p. 917-924, 2006.
- NAKAMURA, T. et al. Relationship between falls and stride length variability in senile dementia of the Alzheimer type. **Gerontology**, v. 42, n. 2, p. 108-113, 1996.
- OLANOW, C.W.; STERN, M.B.; SETHI, K. The scientific and clinical basis for the treatment of Parkinson disease. **Neurology**, v.4S, p. S1-S136,2009.
- PATLA, A.E. Understanding the roles of vision in the control of human locomotion. **Gait and Posture**. v.5, n.1, p. 54-69, 1997.
- PATLA, A.E.; VICKERS, J.N. How far ahead do we look when required to step on specific locations in the travel path during locomotion? **Experimental Brain Research**, v.148, p.133-138, 2003.
- PEREIRA, M.P.; BATISTELA, R.A.; SIMIELI, L. Fisiopatologia, sinais e sintomas da doença de Parkinson. **In: Doença de Parkinson e Exerício Físico**. GOBBI, L.T.B.; BARBIERI, F.A.; VITÓRIO, R. CRV, 1ª ed., p.7-21, 2014.
- PIERUCCINI-FARIA, F.; MENUCHI, M.R.T.P.; VITÓRIO, R.; GOBBI, L.T.B.; STELLA, F.; GOBBI, S. Parâmetros cinemáticos da marcha com obstáculos em idosos com doença de parkinson, com e sem efeito da levodopa: um estudo piloto. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. v. 10, n. 2, p. 233-239, 2006.
- PIERUCCINI-FARIA, F.; VITÓRIO, R.; ALMEIDA, Q.J.; SILVEIRA, C.R.; CAETANO, M.J.; STELLA, F.; GOBBI, S.; GOBBI, L.T. Evaluating the Acute Contributions of Dopaminergic Replacement to Gait With Obstacles in Parkinson's Disease. **Journal of Motor Behavior**, v. 45, p. 130708115205009, 2013.
- PLOTNIK, M.; GILADI, N.; BALASH, Y.; PERETZ, C.; HAUSDORFF, J.M. Is freezing of gait in Parkinson's disease related to asymmetric motor function? **Annals of Neurology**, v.57, n. 5, p. 656-663, 2005.
- RAO, S.M.; BOBHOLZ, J.A.; HAMMEKE, T.A.; ROSEN, A.C.; WOODLEY, S.J.; CUNNINGHAM, J.M.; COX, R.W.; STEIN, E.A.; BINDER, J.R. Functional MRI evidence for subcortical participation in conceptual reasoning skills. **NeuroReport**. v.8, n. 8, p. 1987-1993, 1997.

- ROCHESTER, L. et al. Walking speed during single and dual tasks in Parkinson's disease: which characteristics are important? **Movement Disorders**, v. 23, n. 16, p. 2312-8, Dec 15 2008.
- ROEMMICH, R.T.; NOCERA, J.R.; VALLABHAJOSULA, S.; AMANO, S.; NAUGLE, K.M.; STEGEMOLLER, E.L.; HASS, C.J. Spatiotemporal variability during gait initiation in Parkinson's disease. **Gait and Posture**. v. 36, p. 340-343, 2012.
- SOFUWA, O.; NIEUWBOER, A.; DESLOOVERE, K.; WILLEMS, A.M.; CHAVRET, F., JONKERS, I. Quantitative gait analysis in Parkinson's disease: Comparison with a healthy control group. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v.86, p. 1007-1013, 2005.
- STOLZE, H.; KLEBE, S.; ZEHLIN, C.; BAECKER, C.; FRIEGE, L.; DEUSCHL, G. Falls in frequent neurological diseases. Prevalence, risk factors and etiology. **Journal of Neurology**. v. 251, p. 79–84, 2004.
- TAKAKUSAKI, K.; TOMITA, N.; YANO, M. Substrates for normal gait and pathophysiology of gait disturbances with respect to the basal ganglia dysfunction. **Journal of Neurology**, v.255, n.4, p.19-29, 2008.
- TEMLETT, J.A.; THOMPSON, P.D. Reason for admission to hospital for Parkinson's Disease. *Internal Medicine Journal*. v. 36, n. 8, p. 524-526, 2006.
- TERRIER, P.; SCHUTZ, Y. Variability of gait patterns during unconstrained walking assessed by satellite positioning (GPS). **European Journal of Applied Physiology**. v. 90, p. 554-561, 2003.
- THAUT, M.H. Neural basis of rhythmic timing networks in the human brain. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v. 999, p. 364-373, 2003.
- VITÓRIO, R.; LIRANI-SILVA, E.; BAPTISTA, A.M.; BARBIERI, F.A.; SANTOS, P.C.R.; TEIXEIRA-ARROYO, C.; GOBBI, L.T.B. Disease severity affects obstacle crossing in people with Parkinson's disease. **Gait and Posture**. v. 40, p. 266-269, 2014.
- VITÓRIO, R.; PIERUCCINI-FARIA, F.; STELLA, F.; GOBBI, S. GOBBI, L.T.B. Effects of obstacle height on obstacle crossing in mild Parkinson's disease. **Gait and Posture**. v. 31, p.143–146, 2010.
- VITÓRIO, R.; TEIXEIRA-ARROYO, C.; LIRANI-SILVA, E.; BARBIERI, F.A.; CAETANO, M.J.D.; GOBBI, S.; STELLA, F.; GOBBI, L.T.B. Effects of 6-month, Multimodal Exercise Program on Clinical and Gait Parameters of Patients with

- Idiopathic Parkinson's Disease: A Pilot Study **ISRN Neurology**. v. 2011, article ID 714947, 2011. (doi:10.5402/2011/714947).
- WILLIAMS, D.R.; WATT, H.C., LEES, A.J. Predictors of falls and fractures in bradykinetic rigid syndromes: a retrospective study. **Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry**. v.77, n. 4, p. 468-473, 2006.
- YOGEV, G.; GILADI, N.; PERETZ, C.; SPRINGER, S.; SIMON, E.S.; HAUSDORFF, J.M. Dual tasking, gait rhythmicity, and Parkinson's disease: Which aspects of gait are attention demanding? **European Journal of Neuroscience**. v. 22, p. 1248–1256, 2006.
- ZELAZNIK, H.N.; SPENCER, R.M.; IVRY, R.B.; BARIA, A.; BLOOM, M.; DOLANSKY, L.; JUSTICE S.; PATTERSON, K.; WHETTER, E. Timing variability in circle drawing and tapping: probing the relationship between event and emergent timing. **Journal of Motor Behavior**. v. 37, n. 5, p. 395-403, 2005.

**2. A variabilidade dos parâmetros do andar durante a fase de aproximação para ultrapassagem de um obstáculo é dependente da altura do obstáculo em idosos com doença de Parkinson**

**Lucas Simieli, Fabio Augusto Barbieri, Diego Orcioli-Silva, Victor Spiandor Beretta, Paulo Cezar Rocha Santos, André Macari Baptista, Lilian Teresa Bucken Gobbi**

**Submeter para Gait and Posture**

### **Resumo**

O objetivo do estudo foi investigar o efeito de diferentes alturas de obstáculo na variabilidade interpassos e intrapassos dos parâmetros do andar na fase de aproximação para ultrapassagem de idosos com doença de Parkinson (DP) e neurologicamente saudáveis. Participaram do estudo 28 idosos, sendo 15 idosos com DP e 13 idosos neurologicamente saudáveis. Os participantes foram instruídos a caminhar na velocidade preferida até o final da passarela (8m). O obstáculo foi posicionado, independente da altura, a 4m do início da tarefa. Cada participante realizou 10 tentativas das seguintes tarefas: andar sem ultrapassagem de obstáculo, andar com ultrapassagem de obstáculo baixo (altura do tornozelo do participante), andar com ultrapassagem de obstáculo intermediário (metade da soma da altura do obstáculo alto e do obstáculo baixo) e andar com ultrapassagem de obstáculo alto (metade da altura do joelho). Foi analisada a variabilidade interpassos e intrapassos (coeficiente de variação) dos parâmetros espaciais e temporais (comprimento, largura, duração, velocidade, tempo em suporte simples e em duplo suporte) de cada um dos quatro passos antes da ultrapassagem do obstáculo. MANOVAs com fatores para grupo e tarefa foram calculadas. A presença do obstáculo (independente da altura) aumentou a variabilidade da fase de aproximação dos participantes do estudo. Especificamente, a presença do obstáculo baixo aumentou a variabilidade da duração do passo de ambos os grupos quando comparado ao andar sem ultrapassagem de obstáculo, andar com ultrapassagem de obstáculo intermediário e alto. Além disso, a variabilidade para ultrapassar um obstáculo baixo é maior no último passo (n-1) antes da ultrapassagem do obstáculo, diferente para os obstáculos maiores, onde a variabilidade é maior nos passos n-3 e n-4. Conclui-se que a presença do obstáculo durante o andar aumenta a variabilidade da fase de aproximação de idosos com DP e idosos neurologicamente saudáveis e que a ultrapassagem de obstáculo baixo parece ser subestimado por ambos os grupos, aumentando a variabilidade dos parâmetros do andar próximo ao momento de ultrapassagem.

## 2.1 Introdução

Estudos anteriores indicam que a fase de aproximação é importante para o andar com ultrapassagem de obstáculo (LEE et al., 1982; PATLA, GREIG, 2006; BARBIERI et al., 2013), especialmente em pacientes com doença de Parkinson (DP) (VITÓRIO et al., 2009; VITÓRIO et al., 2010). Qualquer problema, como desequilíbrios ou ajustes inadequados, nesta fase do andar com obstáculo, pode resultar em queda. Na fase de aproximação são planejadas as ações para a ultrapassagem do obstáculo de acordo com a informação sensório-motora obtida de, aproximadamente, três passos antes do obstáculo (BUCKLEY et al., 2011). Idosos com DP apresentam déficits sensório-motores (ALMEIDA et al., 2005) que podem prejudicar o planejamento para a ultrapassagem do obstáculo, podendo modificar a variabilidade desta tarefa. Ainda, a alternância do centro responsável pelo controle automático do andar torna o andar do idoso com DP menos automático e mais dependente do controle cortical e parece gerar mais variabilidade no planejamento para a ultrapassagem de obstáculo (DIRNBERGER et al., 2013). Tarefas complexas, como a locomoção com obstáculo, parecem aumentar a variabilidade dos parâmetros do andar em idosos com DP (YOGEV et al., 2005) devido à atenção dividida gerada pelo obstáculo e aos déficits cognitivos desta população (YOGEV-SALIGMANN, 2012).

Os ajustes realizados durante a fase de aproximação ao obstáculo são dependentes da altura do obstáculo em idosos com DP. Pieruccini-Faria e colaboradores (2006, 2013) verificaram que idosos com DP apresentam maior elevação da perna (*toe clearance*) durante a ultrapassagem de obstáculo alto (20/25cm). Para a ultrapassagem de obstáculo baixo, Vitória e colaboradores (2010) indicaram que idosos com DP apresentam menor duração da passada na fase de aproximação desta tarefa. Entretanto, a

variabilidade dos parâmetros do andar durante a fase de aproximação em idosos com DP é pouco relatada por estudos anteriores.

A variabilidade nos parâmetros temporais do andar está relacionada com mecanismos que regulam a ritmicidade da marcha e com o gerador central de padrão, enquanto que a variabilidade nos parâmetros espaciais está relacionada com os mecanismos de controle do equilíbrio (GABELL e NAYAK, 1984). Os estudos com locomoção utilizam duas formas para a análise da variabilidade: i) interpassos (ALMEIDA et al., 2005): indica a variabilidade entre os passos dentro de uma mesma tentativa, fornecendo informações sobre modulações entre os passos realizados; ii) intrapassos (HAUSDORFF et al., 2001): fornece informações sobre a variabilidade entre os “passos equivalentes” das tentativas (ex.: passo “um” da primeira tentativa com o passo “um” da segunda tentativa) e as modulações entre os passos dentro da tentativa (ex: primeiro passo com último passo), ajudando na análise do controle online da ação dos participantes. Desta forma, a análise da variabilidade do andar é uma medida que auxilia na compreensão dos efeitos da patogênese da DP na locomoção por indicar as modulações que estes idosos realizam.

Assim, o objetivo do estudo foi investigar o efeito de diferentes alturas de obstáculo na variabilidade interpassos e intrapassos dos parâmetros do andar na fase de aproximação para ultrapassagem em idosos com DP e idosos neurologicamente saudáveis. A primeira hipótese do estudo é que idosos com DP apresentem maior variabilidade interpassos e intrapassos independente da altura do obstáculo quando comparados aos idosos neurologicamente saudáveis. A segunda hipótese do estudo é que o obstáculo mais alto aumente a variabilidade dos parâmetros da fase de aproximação ao obstáculo em comparação às outras alturas de obstáculo (baixo e intermediário). Finalmente, a última hipótese é que os passos mais próximos do obstáculo (penúltimo e último passos – n-2 e

n-1, respectivamente) apresentem maior variabilidade dos parâmetros do andar em comparação aos passos mais distantes do obstáculo (n-3 e n-4), especialmente para os idosos com DP, independente da altura do obstáculo.

## 2.2 Materiais e Método

Participaram do estudo 28 idosos, sendo 15 idosos com DP (grupo DP – 8 homens) e 13 idosos neurologicamente saudáveis (grupo controle – 7 homens). Para participar do estudo, o idoso com DP foi diagnosticado por um neurologista particular. O diagnóstico foi confirmado por um neurologista experiente, membro do grupo de pesquisa, com base nos critérios determinados pelo Banco de Cérebro de Londres (HUGHES et al., 1982).

Os seguintes critérios de exclusão foram estabelecidos para a composição da amostra de idosos com DP e idosos neurologicamente saudáveis: idade abaixo dos 60 anos, declínio cognitivo, histórico de problemas ortopédicos, de visão e vestibulares (tontura) que impossibilitem a realização do protocolo experimental. Também foram excluídos participantes que tinham diabetes *mellitus*, uma vez que a sensibilidade plantar pode estar alterada e, com isso, prejudicar o andar. Ainda, como critério de inclusão, os idosos com DP deveriam estar sob tratamento medicamentoso para DP e apresentar estágio da DP até III na escala de Hoehn & Yahr (H&Y - HOEHN, YAHR, 1967; Versão adaptada por SCHENKMAN et al., 2001). Os idosos com DP foram selecionados do banco de dados do Programa de Atividade Física para pacientes com Doença de Parkinson (PROPARKI – UNESP – Rio Claro). Após a triagem inicial, os idosos com DP que se enquadravam nos critérios estabelecidos foram convidados a participar do estudo. Para os idosos saudáveis, o mesmo procedimento foi estabelecido,

mas a partir do banco de dados do Programa de Atividade Física para a Terceira Idade (PROFIT – UNESP – Rio Claro).

As avaliações clínica e do andar dos idosos com DP foram realizadas em estado “ON” da medicação (aproximadamente uma hora após a ingestão do medicamento). O idoso permitiu a participação no estudo por meio da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética local (Protocolo nº 580.665/2013).

### *2.2.1 Avaliações clínicas*

Para determinação do grau de acometimento da doença e estadiamento, os pacientes foram avaliados através da *Unified Parkinson's Disease Rating Scale* – UPDRS (FAHN e ELTON, 1987) e da Escala de Hoehn e Yahr (GOETZ et al., 2004), respectivamente. Além disso, ambos os grupos realizaram o Mini Exame do Estado Mental (MEEM - (pontuação de acordo com a escolaridade, BRUCKI et al., 2003) para rastreio das funções cognitivas e caracterização da amostra.

### *2.2.2 Delineamento experimental*

Cada participante realizou 10 tentativas das seguintes tarefas: andar sem ultrapassagem de obstáculo, andar com ultrapassagem de obstáculo baixo, andar com ultrapassagem de obstáculo intermediário e andar com ultrapassagem de obstáculo alto. Desta forma, cada participante realizou 40 tentativas no total. A ordem de apresentação das tentativas sempre foi iniciada com a condição do andar sem obstáculo, sendo os blocos das outras condições randomizados para cada participante.

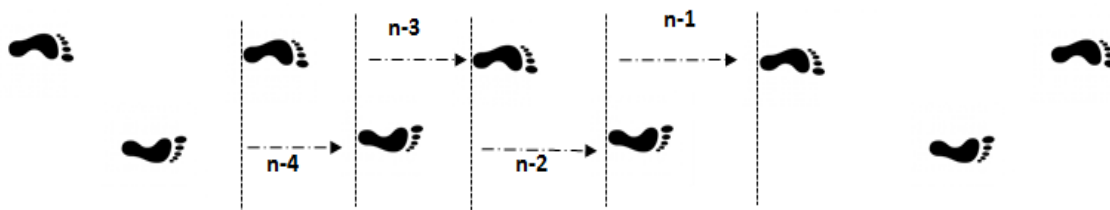
Os participantes foram instruídos a andar na velocidade preferida até o final da passarela (8m). Nas tentativas em que o obstáculo estava presente, o obstáculo foi posicionado no centro da passarela (4m do início da tarefa). As alturas dos obstáculos

foram personalizadas da seguinte maneira: i) obstáculo alto: altura equivalente à metade da altura do joelho; ii) obstáculo intermediário: altura equivalente à metade da soma da altura do obstáculo alto e do obstáculo baixo; iii) obstáculo baixo: altura equivalente à altura do tornozelo do participante. Nas tentativas com ultrapassagem do obstáculo, o início do andar foi ajustado para garantir a ultrapassagem confortável com o membro inferior direito. Os participantes foram instruídos a evitar o contato com o obstáculo.

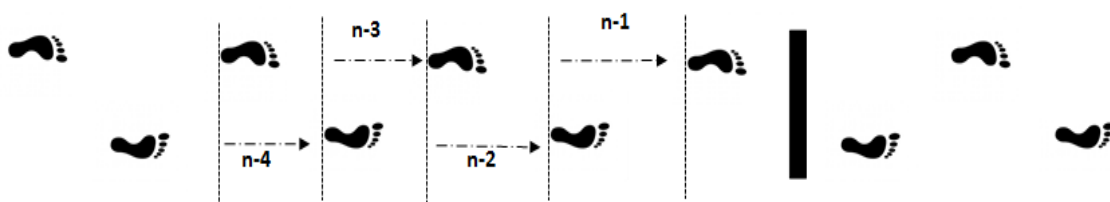
Os parâmetros espaciais e temporais foram coletados por meio do GAITRite® (CIR System, Clifton, NJ, USA). Para o andar sem ultrapassagem de obstáculo (Figura 1a), foram analisados os seguintes parâmetros espaciais e temporais de cada um dos quatro passos centrais: comprimento, largura e duração do passo, duração do suporte simples e do duplo suporte (calculadas como porcentagem da duração do passo) e velocidade do passo. Para o andar com ultrapassagem de obstáculo, foram analisados os 4 passos que antecediam o obstáculo (n-4, n-3, n-2 e n-1) (Figura 1b).

**Figura 1.** Ilustração dos 4 passos analisados para o andar sem ultrapassagem de obstáculo (a) e com ultrapassagem de obstáculo (b).

**a) Andar sem ultrapassagem de obstáculo**



**b) Andar com ultrapassagem de obstáculo**



### *2.2.3 Análise de dados*

A variabilidade interpassos (ALMEIDA et al., 2005) e intrapassos (HAUSDORFF et al., 2001) dos parâmetros espaciais e temporais do andar foram analisadas. Ainda, para as condições com ultrapassagem de obstáculo, foi calculada a distância horizontal entre o pé e o obstáculo em cada passo (PATLA, GREIG 2006), sendo analisada a variabilidade intrapassos desta distância. Para o cálculo das variabilidades foi utilizado o coeficiente de variação (HAUSDORFF et al., 2005; CAMICIOLI et al., 2006; SIMIELI et al., 2015).

A variabilidade interpassos foi calculada através dos valores médios e desvios padrão dos parâmetros dos passos (n-4, n-3, n-2 e n-1) de cada tentativa. A partir destes valores foi calculado o coeficiente de variação. Para a variabilidade intrapassos, foram calculados inicialmente os valores médios e desvios padrão dos parâmetros dos passos equivalentes de cada tentativa (por exemplo, todos os passos n-4 das tentativas do andar sem ultrapassagem de obstáculo) e, na sequência, o coeficiente de variação foi calculado.

### *2.2.4 Análise estatística*

Os dados de interesse foram analisados estatisticamente no software SPSS 15.0 for Windows<sup>®</sup> com nível de significância mantido em 0,05. Os testes de Shapiro-Wilk e de Levene foram empregados para verificação da normalidade na distribuição dos dados e da homogeneidade das variâncias, respectivamente. As características dos participantes e a função cognitiva foram comparadas entre os grupos através do teste-t de Student para amostras independentes. Para os valores médios e a variabilidade interpassos dos parâmetros espaciais e temporais analisados foram empregadas

MANOVAs com fator para grupo (grupo DP x grupo controle) e condição (andar sem ultrapassagem de obstáculo x andar com ultrapassagem de obstáculo baixo x andar com ultrapassagem de obstáculo intermediário x andar com ultrapassagem de obstáculo alto). Para a variabilidade intrapassos, foram empregadas MANOVAs com fator para grupo, tarefa e passo (n-4 x n-3 x n-2 x n-1). Para a variabilidade intrapassos da distância horizontal do pé para o obstáculo foram empregadas MANOVAs com fator para grupo e tarefa (andar com ultrapassagem de obstáculo baixo x andar com ultrapassagem de obstáculo intermediário x andar com ultrapassagem de obstáculo alto). Quando houve interação entre os fatores, testes *post hoc* de Bonferroni foram utilizados.

### 2.3 Resultados

O teste-t não apontou diferença significativa entre os grupos para idade, estatura, massa corporal e função cognitiva (Tabela 1). Os idosos do grupo DP apresentaram estadiamento da doença 2,10±0,40pts (H&Y) e UPDRS-motora de 23,50±9,41 pts (estágio leve a moderado).

**Tabela 1.** Médias e desvios padrão das características e da função cognitiva do grupo controle e dos idosos com DP. MEEM: Mini Exame do Estado Mental.

<b>Grupo</b>	<b>Idade (anos)</b>	<b>Estatura (m)</b>	<b>Massa corporal (kg)</b>	<b>MEEM (pts)</b>
<b>Parkinson</b>	70,66±6,55	1,63±0,07	70,61±9,82	28,26±1,66
<b>Controle</b>	71,53±5,42	1,59±0,08	70,50±15,49	28,46±1,63
<b>p-valor</b>	0,76	0,20	0,98	0,76

### 2.3.1 Valores médios dos parâmetros espaciais e temporais

A MANOVA revelou efeito principal para grupo (Wilk's Lambda = 0,70,  $F_{6,271} = 18,58$ ;  $p < 0,001$ ) e condição (Wilk's Lambda = 0,06,  $F_{18,259} = 218,61$ ;  $p < 0,001$ ), e interação entre os fatores (Wilk's Lambda = 0,74,  $F_{18,259} = 4,91$ ;  $p < 0,001$ ).

Para a interação entre os fatores (Tabela 2), o grupo DP apresentou maior duração do passo em todas as condições em relação ao grupo controle, exceto para a condição com ultrapassagem de obstáculo baixo. Para a duração do duplo suporte, o grupo DP também apresentou maiores valores em relação ao grupo controle em todas as condições. Para o efeito de grupo, o grupo controle apresentou maior comprimento e velocidade do passo e menor duração do duplo suporte em relação ao grupo DP (Tabela 2). Para condição (Tabela 2), houve maior comprimento e velocidade do passo e duração do duplo suporte e menor largura do passo e duração do suporte simples na condição sem ultrapassagem de obstáculo em relação a todas as condições em que o obstáculo esteve presente. Além disso, para a condição com ultrapassagem de obstáculo baixo, a velocidade do passo foi menor em comparação às outras condições com a presença de obstáculo. Ainda, os participantes apresentaram maior duração do suporte simples e do duplo suporte quando ultrapassaram os obstáculos alto e intermediário em comparação à condição com ultrapassagem de obstáculo baixo.

**Tabela 2.** Médias e desvios padrão dos parâmetros espaciais e temporais para cada condição do estudo. Livre: andar sem ultrapassagem de obstáculo; Baixo: andar com ultrapassagem de obstáculo baixo; Interm: andar com ultrapassagem de obstáculo intermediário; Alto: andar com ultrapassagem de obstáculo alto.  $p < 0,05$ , \* - diferença entre os grupos, # - diferença entre o andar sem ultrapassagem de obstáculo e com ultrapassagem de obstáculo, independente da altura, <sup>d</sup> - diferença entre Baixo e Interm; <sup>e</sup> - diferença entre Baixo e Alto; <sup>f</sup> - diferença entre Interm e Alto.

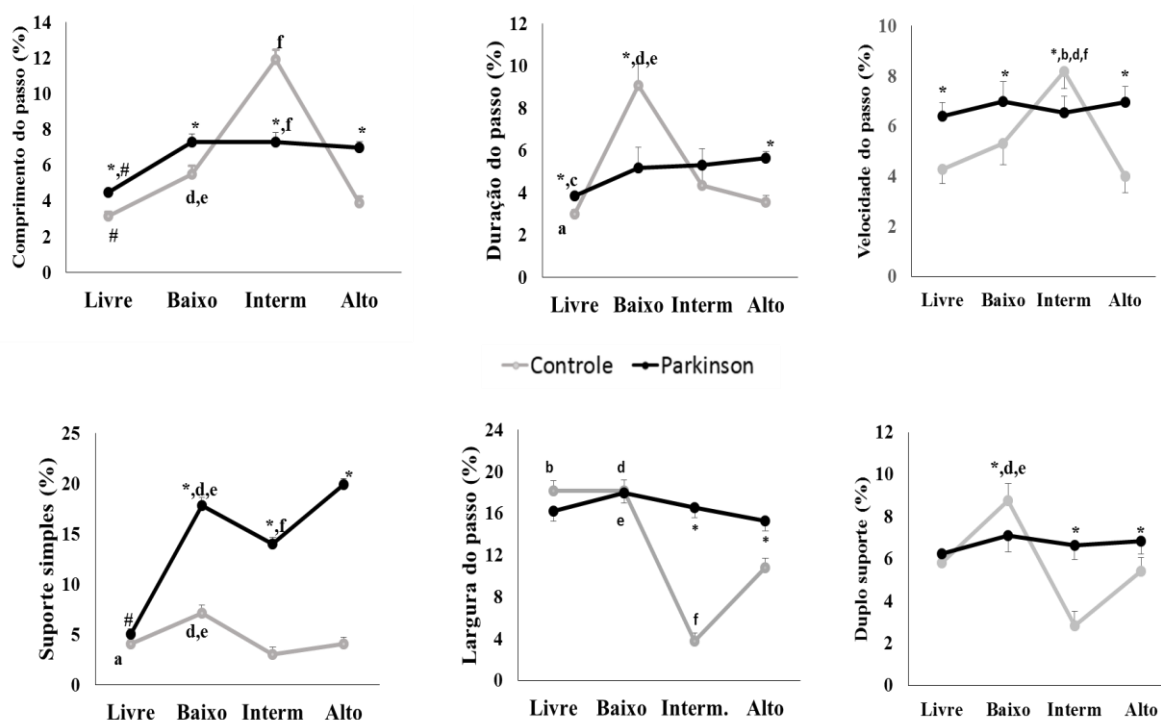
	Grupo Controle				Grupo Parkinson			
	Livre	Baixo	Interm	Alto	Livre	Baixo	Interm	Alto
<b>Comprimento do passo(cm)</b>	63,16±0,71	61,82±0,73	61,76±0,77	61,49±0,77	58,60±0,66	57,12±0,68	56,80±0,72	57,04±0,72
<b>Duração do passo(s)</b>	0,50±0,01*	0,54±0,04	0,51±0,05*	0,51±0,05*	0,54±0,00	0,55±0,05	0,54±0,02	0,54±0,01
<b>Largura (cm)</b>	10,63±0,25	11,57±0,29	11,09±0,28	11,39±0,30	10,86±0,23	11,44±0,27	11,63±0,28	11,83±0,30
<b>Velocidade do passo (cm/s)</b>	125,60±1,69	118,19±1,68	121,92±1,68	121,63±1,62	109,57±1,58	104,96±1,56	105,95±1,57	105,96±1,50
<b>Suporte Simples (%)</b>	37,79±0,16* <sup>#</sup>	41,47±0,24 <sup>d,e</sup>	43,70±0,19 <sup>f</sup>	44,36±0,26	36,74±0,15 <sup>#</sup>	41,87±0,22 <sup>d,e</sup>	43,46±0,18 <sup>f</sup>	44,63±0,24
<b>Duplo Suporte (%)</b>	23,67±0,27* <sup>#</sup>	21,79±0,30* <sup>d,e</sup>	22,37±0,29* <sup>f</sup>	22,82±0,29*	25,15±0,25	24,85±0,28	24,82±0,27	24,81±0,27

### 2.3.2 Variabilidade interpassos

A MANOVA revelou efeito principal para grupo (Wilk's Lambda = 0,27,  $F_{6,83} = 489,55$ ;  $p < 0,001$ ) e condição (Wilk's Lambda = 0,08,  $F_{18,71} = 127,09$ ;  $p < 0,001$ ), e interação entre os fatores (Wilk's Lambda = 0,72,  $F_{18,71} = 50,58$ ;  $p < 0,001$ ) para a variabilidade interpassos.

Para interação entre os fatores (Figura 2), o grupo controle apresentou maior variabilidade que o grupo DP para comprimento ( $p < 0,001$ ) e velocidade ( $p < 0,001$ ) do passo no andar com ultrapassagem do obstáculo intermediário. Para as condições em que o obstáculo (baixo, intermediário e alto) estava presente, o grupo DP apresentou maiores valores de variabilidade para largura do passo, duração do suporte simples e do duplo suporte. O grupo DP apresentou maiores valores ( $p < 0,05$ ) de variabilidade de todos os parâmetros analisados comparados aos do grupo controle (Figura 2), com exceção do comprimento ( $p = 0,33$ ) e duração ( $p = 0,99$ ) do passo. Além disso, para todos os parâmetros analisados, a variabilidade foi maior nas condições em que o obstáculo estava presente do que nas condições sem obstáculo ( $p < 0,05$ ). Ainda, o grupo controle apresentou maior variabilidade da duração do suporte simples e do duplo suporte na presença do obstáculo baixo em comparação às outras condições em que o obstáculo estava presente e ao andar sem obstáculo.

**Figura 2.** Médias e desvios padrão da variabilidade interpassos dos parâmetros espaciais e temporais para cada condição do estudo. Livre: andar sem ultrapassagem de obstáculo; Baixo: andar com ultrapassagem de obstáculo baixo; Interm: andar com ultrapassagem de obstáculo intermediário; Alto: andar com ultrapassagem de obstáculo alto.  $p < 0,05$ , \* - diferença entre os grupos, # - diferença entre o andar sem ultrapassagem de obstáculo e com ultrapassagem de obstáculo, independente da altura; <sup>a</sup> - diferença entre Livre e Baixo; <sup>b</sup> - diferença entre andar Livre e Interm; <sup>c</sup> - diferença entre Livre e Alto; <sup>d</sup> - diferença entre Baixo e Interm; <sup>e</sup> - diferença entre Baixo e Alto; <sup>f</sup> - diferença entre Interm e Alto.



### 2.3.3 Variabilidade intrapassos

Para a variabilidade intrapassos, a MANOVA apresentou efeito principal para grupo (Wilk's Lambda = 0,17,  $F_{6,83} = 65,55$ ;  $p < 0,001$ ), passo (Wilk's Lambda = 0,40,  $F_{18,255} = 4,98$ ;  $p < 0,001$ ) e condição (Wilk's Lambda = 0,85,  $F_{18,71} = 42,38$ ;  $p < 0,001$ ). Além disso, houve interação entre grupo\*passo (Wilk's Lambda = 0,43,  $F_{18,255} = 4,46$ ;  $p < 0,001$ ), grupo\*condição (Wilk's Lambda = 0,72,  $F_{18,71} = 42,38$ ;  $p < 0,001$ ),

condição\*passo (Wilks's Lambda = 0,10,  $F_{54,219} = 4,41$ ;  $p < 0,001$ ) e grupo\*passo\*condição (Wilk's Lambda = 0,09,  $F_{54,219} = 4,66$ ;  $p < 0,001$ ).

Para interação grupo\*passo\*condição (Tabela 3), o grupo DP apresentou maior variabilidade nos passos n-4, n-3 e n-2 no andar com ultrapassagem de obstáculo intermediário e alto em relação ao grupo controle para comprimento e velocidade do passo e duração do suporte simples e do duplo suporte. Nas tentativas com ultrapassagem de obstáculo baixo, o grupo controle apresentou maior variabilidade que o grupo DP para largura do passo n-1 e menor variabilidade para duração do suporte simples do passo n-2. Para interação grupo\*passo (Tabela 3), o grupo DP apresentou maiores valores na variabilidade da duração do suporte simples para os passos n-4, n-3 e n-2 em relação ao grupo controle ( $p < 0,001$ ). Ainda, apenas para o grupo DP, a variabilidade da duração do suporte simples dos passos n-2 e n-1 foram maiores que a variabilidade dos passos n-4 e n-3. Para interação passo\*condição (Tabela 3), a variabilidade da duração do passo n-1 ( $p < 0,002$ ) foi maior que em todos os outros passos (n-2, n-3, n-4) no andar com ultrapassagem de obstáculo baixo. Por outro lado, quando os obstáculos intermediário ou alto estavam presentes durante o andar, os participantes apresentaram maior variabilidade da duração do suporte simples para os passos n-4 ( $p < 0,001$ ) e n-3 ( $p < 0,001$ ) quando comparados com o passo n-1. Ainda, a variabilidade do comprimento, da duração e da largura do passo n-1 no andar com ultrapassagem de obstáculo baixo foi maior quando comparada ao andar com ultrapassagem de obstáculo intermediário e alto.

Para o fator passo (Tabela 3), a variabilidade da duração do passo e da duração do duplo suporte do passo n-1 foi maior ( $p < 0,001$ ) em comparação a todos os outros passos (n-4, n-3 e n-2). Além disso, o passo n-1 apresentou maior variabilidade ( $p < 0,01$ ) na duração do suporte simples em comparação aos passos n-4 e n-3. Ainda, o passo n-2

apresentou maior variabilidade ( $p < 0,001$ ) do suporte simples em comparação ao passo n-4.

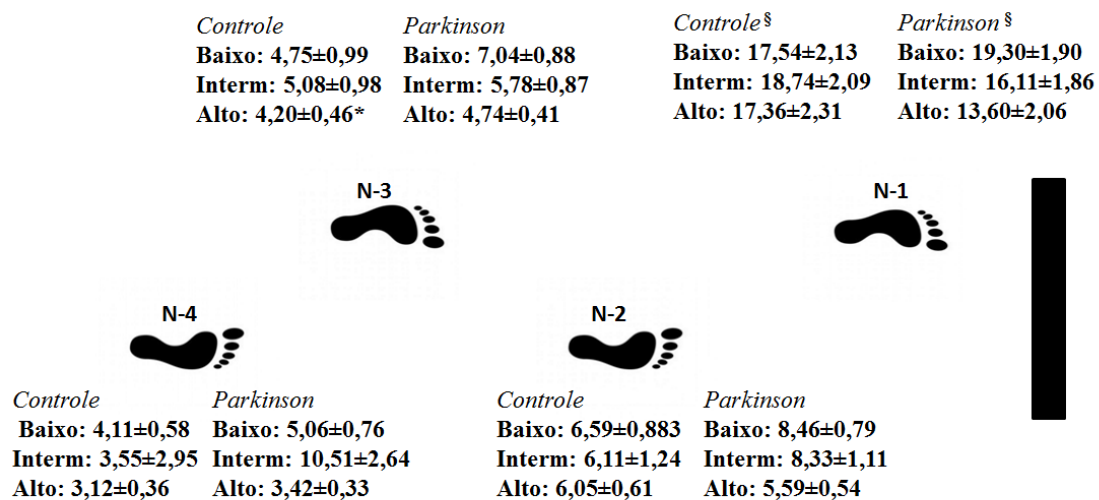
**Tabela 3.** Médias e desvios padrão da variabilidade da duração do passo na interação grupo\*passo\*obstáculo. Livre: andar sem ultrapassagem de obstáculo; Baixo: andar com ultrapassagem de obstáculo baixo; Interm: andar com ultrapassagem de obstáculo intermediário; Alto: andar com ultrapassagem de obstáculo alto;  $p < 0,05$ , \* - Diferença entre os grupos, <sup>a</sup> - diferença entre sem obstáculo e obstáculo baixo, <sup>b</sup> - diferença entre sem obstáculo e obstáculo intermediário, <sup>c</sup> - diferença entre sem obstáculo e alto, <sup>d</sup> - diferença entre baixo e intermediário, <sup>e</sup> - diferença entre baixo e alto; <sup>f</sup> - diferença entre intermediário e alto, <sup>#</sup> - diferença entre o andar sem obstáculo e andar com presença de obstáculo (baixo, interm, alto), <sup>§</sup> - Diferença entre n-1 e todos os outros passos analisados.

		Controle				Parkinson			
		Livre	Baixo	Interm*	Alto	Livre	Baixo	Interm	Alto
Comprimento do passo (%)	n-4	3,27±0,57	3,88±1,19	13,62±1,34 <sup>b,d,f</sup>	3,83±0,84	4,92±0,57	7,74±1,19	9,02±1,34	8,18±0,84
	n-3	2,82±0,44	4,78±0,91	11,98±1,02 <sup>b,d,f</sup>	3,26±0,64	4,37±0,39	7,18±0,81	8,01±0,91	7,17±0,57
	n-2	3,30±0,42	4,50±0,87	11,69±0,98 <sup>b,d,f</sup>	3,38±0,61	4,29±0,39	7,15±0,81	5,24±0,91	7,05±0,57
	n-1	3,27±0,42	8,81±0,87 <sup>§</sup>	10,31±0,98 <sup>b,d,f</sup>	5,11±0,61	4,35±0,40	7,06±0,84	6,90±0,94	5,55±0,59
Duração do passo (%)	n-4	2,68±0,49	4,05±2,50	4,46±1,93	3,52±0,77	4,44±0,49	5,91±2,50	6,18±1,93*	6,73±0,77*
	n-3	3,41±0,38	7,55±1,90	2,30±1,47	3,17±0,59	3,47±0,34	4,97±1,87	5,62±1,30*	5,29±0,53*
	n-2	2,75±3,65	3,13±1,83	3,91±1,41	3,24±0,77	3,79±0,30	4,93±1,75	4,58±1,32	5,22±0,63*
	n-1	3,17±0,36	21,54±1,83 <sup>§</sup>	6,74±1,41	4,21±0,57	3,66±0,35	4,89±1,76	4,85±1,36*	5,36±0,54*
Largura do passo (%)	n-4	16,42±2,37	15,82±2,61	7,45±1,97	10,34±2,23	15,28±2,37	16,12±2,61	16,87±1,97*	13,31±2,23*
	n-3	16,98±1,81	18,17±1,99	3,16±1,51	12,74±1,70	16,25±1,62	18,67±1,78	17,52±1,35*	16,82±1,56*
	n-2	18,15±1,74	16,36±1,71	2,40±1,45	9,70±1,64	17,08±1,62	18,37±1,85	15,67±1,33*	17,26±1,52*
	n-1	21,12±1,74*	22,26±1,91 <sup>§,*</sup>	1,94±1,49	10,39±1,64	16,38±1,68	18,73±1,84	16,20±1,39*	13,82±1,58*
Velocidade do passo (%)	n-4	3,99±0,82	4,07±1,18	7,42±1,26	4,54±0,89	7,29±0,82	7,16±1,18	9,10±1,26	7,96±0,89
	n-3	4,67±0,63	5,33±0,90	8,57±0,96	3,51±0,68	6,06±0,56	7,01±0,89	7,76±0,86	7,16±0,67
	n-2	4,26±0,60	3,64±1,86	9,90±1,93	3,68±0,75	6,08±0,46	6,65±0,80	4,31±0,96	7,12±0,61
	n-1	4,20±0,60	8,13±0,86	6,86±1,97	4,23±0,62	6,15±0,58	7,04±0,83	4,99±0,89	5,59±0,63
Duração do suporte simples (%)	n-4	3,70±1,40	5,21±2,06	2,17±1,68	4,57±1,61	5,48±1,40	19,70±2,06*	24,67±1,68*	29,21±1,61*
	n-3	3,14±1,07	6,16±1,57	3,12±1,28	3,01±1,22	4,70±0,96	17,06±1,40*	21,22±1,14*	23,71±1,10*
	n-2	3,79±1,03	4,98±1,51	3,29±1,23	3,97±1,18	5,00±0,96	17,14±1,45*	5,43±1,24	22,39±1,20*
	n-1	5,71±1,09	12,06±1,58 <sup>§</sup>	3,62±1,27	4,71±1,19	4,97±0,99	17,45±1,45* <sup>§</sup>	4,79±1,18	4,24±1,13
Duração do duplo suporte (%)	n-4	5,02±1,37	4,41±1,79	2,31±0,64	4,60±0,65	6,35±1,37	7,34±1,79	7,94±0,64	7,45±0,65
	n-3	5,18±1,05	8,30±1,37	2,47±0,48	5,05±0,50	6,13±0,94	7,01±1,22	6,88±0,43	7,35±0,44
	n-2	5,06±1,01	5,15±1,31	2,43±0,47	5,11±0,48	6,15±0,94	6,94±1,22	5,39±0,43	7,40±0,44
	n-1	7,90±1,01	17,08±1,31 <sup>§</sup>	4,11±0,47	6,83±0,48	6,25±0,97	7,13±1,26	6,24±0,45	5,11±0,46

### 2.3.4 Variabilidade da distância horizontal entre o pé e o obstáculo

A variabilidade da distância entre o pé e o obstáculo de cada passo não apresentou efeito para grupo (Wilk's Lambda = 0,81;  $F_{4,22} = 1,25$ ,  $p=0,31$ ) e interação entre os fatores (Wilk's Lambda = 0,54;  $F_{8,18} = 1,88$ ,  $p=0,12$ ). Houve efeito principal para condição (Wilk's Lambda = 0,43;  $F_{8,18} = 2,90$ ,  $p<0,02$ ), sendo que os participantes aumentaram a variabilidade do posicionamento do pé no passo n-1 (Figura 3) em relação aos outros passos (n-2, n-3, n-4) na presença de obstáculo (baixo, intermediário e alto) durante o andar.

**Figura 3.** Variabilidade da distância entre o pé e o obstáculo (média±desvio padrão) de cada passo analisado para as condições com presença de obstáculo. § - Diferença entre n-1 e todos os outros passos analisados.



## 2.4 Discussão

O objetivo do estudo foi investigar o efeito de diferentes alturas de obstáculo na variabilidade interpassos e intrapassos dos parâmetros do andar na fase de aproximação para ultrapassagem em idosos com DP e idosos neurologicamente saudáveis. Para os resultados médios, nossos achados corroboraram com a literatura existente. O grupo DP

apresentou menor comprimento e velocidade do passo e maior duração do duplo suporte (VITÓRIO et al., 2010; BLOEM et al., 2001; ROCHESTER et al., 2008). Idosos com DP apresentam déficits no andar devido às características da doença. Rigidez, hipometria e instabilidade postural provocam alterações no padrão de andar que prejudicam o desempenho de idosos com DP (VITÓRIO et al., 2010, BARBIERI et al., 2011, ROCHESTER et al., 2008). Ainda, essas alterações são exacerbadas no andar com ultrapassagem de obstáculo. Este comportamento está relacionado à dificuldade que os idosos com DP apresentam em realizar movimentos coordenados, sequenciais e com maior demanda atencional (MORRIS et al., 1996). Dessa forma, além dos déficits causados pela doença, o ambiente parece prejudicar o andar em idosos com DP.

Em relação à variabilidade, nossas hipóteses foram confirmadas em parte. Para a maioria dos parâmetros espaciais e temporais, o grupo com DP apresentou maior variabilidade intrapassos que o grupo controle, confirmando nossa hipótese. No entanto, de forma inesperada, o grupo controle apresentou maior variabilidade que o grupo DP para comprimento e velocidade do passo no andar com ultrapassagem do obstáculo intermediário e para a largura do passo n-1 para o andar com ultrapassagem do obstáculo baixo. Contrariando a segunda hipótese, o obstáculo baixo aumentou a variabilidade dos parâmetros da fase de aproximação ao obstáculo em comparação às outras alturas de obstáculo (intermediário e alto). A terceira hipótese foi confirmada, indicando aumento na variabilidade dos parâmetros espaciais e temporais nos passos mais próximos do obstáculo (n-2 e n-1), especialmente o último passo da fase de aproximação para ultrapassagem do obstáculo (n-1), em comparação aos passos mais distantes do obstáculo (n-3 e n-4), especialmente em idosos com DP. Dois resultados básicos são discutidos separadamente a seguir. No primeiro, interpretações relacionadas à maior variabilidade no andar do grupo de DP, mas contrapondo o achado de maior

variabilidade do grupo controle para o andar com ultrapassagem de obstáculo intermediário e para a largura do passo n-1 para o andar com ultrapassagem do obstáculo baixo são apresentadas. Em seguida, explicações para a maior variabilidade no andar com ultrapassagem de obstáculo baixo, especialmente relacionado aos ajustes no último passo antes da ultrapassagem são discutidas.

#### *2.4.1 Idosos com DP apresentam maior variabilidade da fase de aproximação para ultrapassagem de obstáculo que idosos neurologicamente saudáveis*

O grupo DP apresentou maior variabilidade que o grupo controle, independente da altura do obstáculo. Os achados mostraram que os idosos com DP apresentaram déficits tanto nos mecanismos que regulam o ritmo do andar e no gerador central de padrão (variabilidade dos parâmetros espaciais) quanto com mecanismos que controlam o equilíbrio (variabilidade intrapassos dos parâmetros temporais), uma vez que esta população apresentou maior variabilidade dos parâmetros espaciais e temporais em comparação aos idosos neurologicamente saudáveis. A maior variabilidade do andar observada em idosos com DP é explicada em termos fisiopatológicos pelo déficit na ritmicidade interna dos núcleos da base (MCINTOSH et al., 1997; BROTHIE et al., 1991; THAUT, 2003; JANTZEN et al., 2005; ZELAZNIK et al., 2005; NAGY et al., 2006). As alterações nos núcleos da base, principalmente nos neurônios dopaminérgicos do putâmen posterior e suas projeções nigro-estriatais, responsáveis por comportamentos automáticos (DIRNBERGER et al., 2013), estão diretamente relacionadas à maior variabilidade no andar, especialmente nos parâmetros temporais. Tais projeções são parte do feedback da circuitaria que envolve o córtex motor, o estriado, o globo pálido, o tálamo e a área motora suplementar, e estão relacionadas com a regulação interna de movimentos repetitivos, como a marcha. Como esta circuitaria

está comprometida, os idosos com DP realocam o controle de atividades antes automáticas para áreas corticais (DIRNBERGER et al., 2013), tornando o andar menos automático, principalmente em ambientes complexos, o que parece gerar maior variabilidade. Ainda, os déficits no equilíbrio de idosos com DP parecem aumentar a variabilidade dos parâmetros espaciais do andar. A necessidade de corrigir a trajetória do centro de massa constantemente devido à instabilidade postural apresentada pelos idosos com DP parece aumentar a variabilidade no andar desta população (STEGEMOLLER et al., 2012; VITÓRIO et al., 2010), considerando que quedas em idosos com DP estão diretamente relacionadas com o aumento na variabilidade do comprimento da passada (HAUSDORFF et al., 2001). Finalmente, a dificuldade dos idosos com DP em realizar duas tarefas motoras ao mesmo tempo, como andar e ultrapassar obstáculo, parece também ser um fator que explica a maior variabilidade do andar com ultrapassagem de obstáculo quando comparado ao andar sem esta demanda (DIRNBERGER et al., 2013, YOGEV-SELIGMANN et al., 2012).

A ultrapassagem de obstáculo intermediário e o último passo antes de ultrapassar um obstáculo baixo aumentaram a variabilidade dos parâmetros espaciais, comprimento e largura do passo respectivamente, de idosos neurologicamente saudáveis. Este resultado parece indicar que somente os efeitos causados pelo envelhecimento no equilíbrio de idosos causem problemas no controle do andar, aumentando a variabilidade dos parâmetros espaciais. Desta forma, os idosos parecem buscar uma estratégia mais segura para ultrapassar o obstáculo, o que pode aumentar o risco de quedas se esta estratégia não for encontrada. Entretanto, para um sistema sem problemas neurológicos, o aumento da variabilidade pode ser interessante. Sistemas que não apresentam comprometimento lidam melhor com a perturbação do ambiente e conseguem se adaptar (HAUSDORFF et al., 2007). Sistemas prejudicados (como em idosos com DP)

não possuem esta capacidade de adaptação e necessitam de outros elementos para se adaptar melhor ao ambiente, como o uso de dicas visuais ou auditivas, que aumentam o input na circuitaria cerebral prejudicada pela doença e melhoram o andar desta população (HAUSDORFF et al., 2007).

A variabilidade das distâncias do posicionamento do pé em relação ao obstáculo não apresentaram diferenças entre os grupos. Estes achados corroboram com os encontrados por Pieruccini-Faria et al. (2013), evidenciando o possível uso de circuitarias não prejudicadas, como a circuitaria córtico-cerebelar. Esse tipo de comportamento fortalece a interpretação que os idosos com DP utilizam de informações visuais (obstáculo) para melhorar o controle espacial dos passos (MORRIS et al., 1994) e diminuir a variabilidade, aproximando-se dos valores do grupo controle neste parâmetro.

#### *2.4.2 O último passo de aproximação para ultrapassagem de obstáculo baixo aumenta a variabilidade do andar*

Ambos os grupos subestimaram a altura do obstáculo baixo, deixando os ajustes para a ultrapassagem do obstáculo para o último passo. A altura do obstáculo parece interferir diretamente no modo como a ação é planejada (CHEN et al., 1991). Obstáculos mais altos requerem programação antecipada quando comparados aos obstáculos menores, demonstrado pela maior variabilidade nos passos mais distantes do obstáculo com altura intermediária ou alta de ambos os grupos. Provavelmente déficits na percepção do ambiente causados pelo envelhecimento (MILLER et al., 2015) determinem este planejamento diferenciado entre as alturas de obstáculo, gerando maior variabilidade nos passos de aproximação para ultrapassagem de acordo com o ambiente (altura do obstáculo). Entretanto, o aumento da variabilidade no último passo do andar com ultrapassagem de obstáculo baixo pode ser arriscado, especialmente para idosos

com DP. A maior parte das quedas nesta população ocorre justamente na preparação e durante a ultrapassagem de obstáculos (STOLZE et al., 2004).

Idosos com DP apresentam sérios déficits na percepção do ambiente (ALMEIDA et al., 2005). A compensação dos déficits no andar e na percepção passa por vias neurais de níveis superiores (entre elas, a função executiva), as quais estão comprometidas em idosos com DP (DIRNBERGER et al., 2013). Ainda, o sistema motor desta população é comprometido (MORRIS et al., 1996), necessitando de mais tempo para planejar o movimento. Entretanto, como o idoso com DP está muito próximo de iniciar a ultrapassagem do obstáculo, não há tempo hábil para possíveis ajustes do movimento. Desta forma, a combinação destes dois aspectos parece prejudicar mais esta população, se comparado a idosos neurologicamente saudáveis, nesta situação ambiental, podendo aumentar a probabilidade de quedas devido a uma interpretação errônea da tarefa e a falta (ou o inadequado) ajuste motor.

Apesar de achados interessantes, o presente estudo apresenta algumas limitações. Inicialmente, poder-se-ia considerar que a realização das condições em bloco favorece a aprendizagem, principalmente para o grupo controle. Entretanto, não houve efeito de tentativa nas condições experimentais e a maior variabilidade do grupo controle em algumas situações parece negar esta interferência. Sugere-se que este fator seja considerado em futuros estudos.

## **2.5 Conclusão**

Pode-se concluir que a presença do obstáculo durante o andar aumenta a variabilidade da fase de aproximação de idosos com DP e idosos neurologicamente saudáveis. Ainda, idosos com DP apresentam maior variabilidade que idosos saudáveis, independente da altura do obstáculo. A variabilidade dos parâmetros espaciais e temporais da fase de aproximação do obstáculo parece ser dependente da altura do

obstáculo. A ultrapassagem de obstáculo baixo durante o andar parece ser subestimado por ambos os grupos, aumentando a variabilidade dos parâmetros do andar, o que pode aumentar o risco de quedas, especialmente para idosos com DP. Além disso, os ajustes para ultrapassar um obstáculo baixo parecem ser realizados no último passo (n-1) antes da ultrapassagem do obstáculo, diferente do que para os obstáculos maiores (altura intermediária e alta) que antecipam o planejamento, revelado pelo aumento na variabilidade dos passos n-3 e n-4.

## 2.6 Referências bibliográficas

- ALMEIDA, Q. J. et al. An evaluation of sensorimotor integration during locomotion toward a target in Parkinson's disease. **Neuroscience**, v. 134, n. 1, p. 283-93, 2005. ISSN 0306-4522 (Print) 0306-4522 (Linking).
- BARBIERI, F. A. et al. The effect of muscle fatigue on the last stride before stepping down a curb. **Gait and Posture**, v. 37, n. 4, p. 542-6, Apr 2013. ISSN 1879-2219 (Electronic) 0966-6362 (Linking).
- BLOEM, B. R.; VAN VUGT, J. P.; BECKLEY, D. J. Postural instability and falls in Parkinson's disease. **Advances in Neurology**, v. 87, p. 209-23, 2001. ISSN 0091-3952 (Print) 0091-3952 (Linking).
- BROTCHIE, P.; IANSEK, R.; HORNE, M. A neural network model of neural activity in the monkey globus pallidus. **Neuroscience Letters**, v. 131, n. 1, p. 33-6, Sep 30 1991. ISSN 0304-3940 (Print) 0304-3940 (Linking).
- BRUCKI, S. M. et al. [Suggestions for utilization of the mini-mental state examination in Brazil]. **Arquivos de Neuropsiquiatria**, v. 61, n. 3B, p. 777-81, Sep 2003. ISSN 0004-282X (Print) 0004-282X (Linking).
- BUCKLEY, J. G. et al. When is visual information used to control locomotion when descending a kerb? **Plos One**, v. 6, n. 4, Apr 18 2011. ISSN 1932-6203.

- CAMICIOLI, R.; BOUCHARD, T.; LICIS, L. Dual-tasks and walking fast: Relationship to extra-pyramidal signs in advanced Alzheimer disease. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 248, n. 1-2, p. 205-209, Oct 25 2006. ISSN 0022-510X.
- CHEN, H. C. et al. Stepping over obstacles: Dividing attention impairs performance of old more than young adults. **Journals of Gerontology Series a-Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 51, n. 3, p. M116-M122, May 1996. ISSN 1079-5006.
- DIRNBERGER, G.; JAHANSHAH, M. Executive dysfunction in Parkinson's disease: a review. **Journal of Neuropsychology**, v. 7, n. 2, p. 193-224, Sep 2013. ISSN 1748-6653 (Electronic) 1748-6645 (Linking).
- GOETZ, C. Re: UPDRS: Status and recommendations. **Movement Disorders**, v.19, p. 605-605, 2004.
- HAUSDORFF, J. M. et al. A common cognitive profile in elderly fallers and in patients with Parkinson's disease: The prominence of impaired executive function and attention. **Experimental Aging Research**, v. 32, n. 4, p. 411-429, Oct-Dec 2006. ISSN 0361-073X.
- HAUSDORFF, J. M. et al. Rhythmic auditory stimulation modulates gait variability in Parkinson's disease. **European Journal of Neuroscience**, v. 26, n. 8, p. 2369-75, Oct 2007. ISSN 0953-816X (Print) 0953-816X (Linking).
- HAUSDORFF, J. M. et al. Walking is more like catching than tapping: Gait in the elderly as a complex cognitive task. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 53, n. 4, p. S7-S7, Apr 2005. ISSN 0002-8614.
- HAUSDORFF, J. M.; RIOS, D. A.; EDELBERG, H. K. Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 82, n. 8, p. 1050-6, Aug 2001. ISSN 0003-9993 (Print) 0003-9993 (Linking).
- HOEHN, M. M.; YAHR, M. D. Parkinsonism: onset, progression and mortality. **Neurology**, v. 17, n. 5, p. 427-42, May 1967. ISSN 0028-3878 (Print) 0028-3878 (Linking).

- HUGHES, C. P. et al. A new clinical scale for the staging of dementia. **British Journal Psychiatry**, v. 140, p. 566-72, Jun 1982. ISSN 0007-1250 (Print) 0007-1250 (Linking).
- JANTZEN, K. J.; STEINBERG, F. L.; KELSO, J. A. Functional MRI reveals the existence of modality and coordination-dependent timing networks. **Neuroimage**, v. 25, n. 4, p. 1031-42, May 1 2005. ISSN 1053-8119 (Print) 1053-8119 (Linking).
- MCINTOSH, G. C. et al. Rhythmic auditory-motor facilitation of gait patterns in patients with Parkinson's disease. **Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry**, v. 62, n. 1, p. 22-6, Jan 1997. ISSN 0022-3050 (Print) 0022-3050 (Linking).
- MILLER, L.; AGNEW, H.; PILZ, K. Age-related changes in motion direction discrimination in the horizontal plane. **Journal of Visualized Experiments**, v. 15, n. 12, p. 283, Sep 1 2015. ISSN 1534-7362 (Electronic) 1534-7362 (Linking).
- MORRIS, M. E. et al. The pathogenesis of gait hypokinesia in Parkinson's disease. **Brain**, v. 117 ( Pt 5), p. 1169-81, Oct 1994. ISSN 0006-8950 (Print) 0006-8950 (Linking).
- MORRIS, M. E.; IANSEK, R.; MATYAS, T. A.; SUMMERS, J. J. Stride length regulation in Parkinson's disease. Normalization strategies and underlying mechanisms. **Brain**, v. 119 (Pt 2), p. 551-68, Apr 1996. ISSN 0006-8950 (Print) 0006-8950 (Linking).
- NAGY, A. et al. Multisensory integration in the basal ganglia. **European Journal of Neuroscience**, v. 24, n. 3, p. 917-924, Aug 2006. ISSN 0953-816X.
- PATLA, A. E.; GREIG, M. Any way you look at it, successful obstacle negotiation needs visually guided on-line foot placement regulation during the approach phase. **Neuroscience Letters**, v. 397, n. 1-2, p. 110-4, Apr 10-17 2006. ISSN 0304-3940 (Print) 0304-3940 (Linking).
- PIERUCCINI-FARIA, F. et al. Evaluating the acute contributions of dopaminergic replacement to gait with obstacles in Parkinson's disease. **Journal of Motor Behavior**, v. 45, n. 5, p. 369-80, 2013. ISSN 1940-1027 (Electronic) 0022-2895 (Linking).

- ROCHESTER, L. et al. Walking speed during single and dual tasks in Parkinson's disease: which characteristics are important? **Movement Disorders**, v. 23, n. 16, p. 2312-8, Dec 15 2008. ISSN 1531-8257 (Electronic) 0885-3185 (Linking).
- SCHENKMAN, M. et al. Validity of the CS-PFP as a measure of physical functional capacity of those in early/mid-stage Parkinson's disease. **Gerontologist**, v. 41, p. 282-282, Oct 2001. ISSN 0016-9013.
- SIMIELI, L. et al. Obstacle crossing with dual tasking is a danger for individuals with Alzheimer's disease and for healthy older people. **Journal of Alzheimers Disease**, v. 43, n. 2, p. 435-41, 2015. ISSN 1875-8908 (Electronic)1387-2877 (Linking).
- STOLZE, H. et al. Falls in frequent neurological diseases--prevalence, risk factors and aetiology. **Journal of Neurology**, v. 251, n. 1, p. 79-84, Jan 2004. ISSN 0340-5354 (Print) 0340-5354 (Linking).
- THAUT, M. H. Neural basis of rhythmic timing networks in the human brain. **Annals of New York Academy of Sciences**, v. 999, p. 364-73, Nov 2003. ISSN 0077-8923 (Print) 0077-8923 (Linking).
- VITORIO, R. et al. Effects of obstacle height on obstacle crossing in mild Parkinson's disease. **Gait and Posture**, v. 31, n. 1, p. 143-6, Jan 2010. ISSN 1879-2219 (Electronic) 0966-6362 (Linking).
- YOGEV, G. et al. Dual tasking, gait rhythmicity, and Parkinson's disease: which aspects of gait are attention demanding? **European Journal of Neuroscience**, v. 22, n. 5, p. 1248-56, Sep 2005. ISSN 0953-816X (Print) 0953-816X (Linking).
- YOGEV-SELIGMANN, G.; HAUSDORFF, J. M.; GILADI, N. Do we always prioritize balance when walking? Towards an integrated model of task prioritization. **Movement Disorders**, v. 27, n. 6, p. 765-770, May 2012. ISSN 0885-3185.
- ZELAZNIK, H. N. et al. Timing variability in circle drawing and tapping: Probing the relationship between event and emergent timing. **Journal of Motor Behavior**, v. 37, n. 5, p. 395-403, Sep 2005. ISSN 0022-2895.

**3 - A altura do obstáculo influencia a variabilidade dos passos de  
ultrapassagem de idosos com doença de Parkinson**

**Lucas Simieli, Lilian Teresa Bucken Gobbi, Diego Orcioli-Silva, Ellen  
Lirani-Silva, Victor Spiandor Beretta, Paulo Cezar Rocha dos Santos, Fabio  
Augusto Barbieri**

**Submeter para Neuroscience**

## Resumo

O presente estudo teve como objetivo investigar a variabilidade dos parâmetros espaço-temporais e cinéticos dos passos de ultrapassagem de obstáculos de diferentes alturas em idosos com DP e idosos neurologicamente saudáveis. Participaram do estudo 28 idosos, sendo 15 idosos com DP (70,66±6,55 anos; 1,63±0,07 m; 70,61±9,82 kg; Hoehn e Yahr = 2,1±0,4 pts; UPDRS III = 24,75±11,25; 8 homens - grupo DP) e 13 idosos neurologicamente saudáveis (71,53±5,42 anos; 1,59±0,08 m; 70,50±15,49kg; 7 homens - grupo controle). Os participantes realizaram 10 tentativas das seguintes tarefas: andar com ultrapassagem de obstáculo baixo, andar com ultrapassagem de obstáculo intermediário e andar com ultrapassagem de obstáculo alto. Desta forma, cada participante realizou 30 tentativas no total. A ordem de apresentação das tentativas foi randomizado por bloco de cada condição para cada participante. Os parâmetros espaço-temporais foram coletados por meio do GAITRite® (CIR System, Clifton, NJ, USA) e um sistema optoeletrônico (Optotrak Northern Digital Inc., Waterloo, Ont., Canada) com frequência a 100 Hz. Os parâmetros cinéticos foram adquiridos através de duas plataformas de força (AccuGait, Advanced Mechanical Technologies, Boston, MA), com frequência de aquisição de 200 Hz. A variabilidade interpassos foi calculada através dos valores médios, desvios padrão e coeficiente de variação dos parâmetros dos dois passos da ultrapassagem para cada tentativa. Os idosos com DP apresentaram maior variabilidade que o grupo controle nas distâncias horizontais e verticais para o obstáculo. Ainda, o grupo DP também alterou mais a variabilidade na presença dos obstáculos baixo e alto, principalmente do *toe-clearance* da perna de abordagem. A altura do obstáculo não alterou a variabilidade dos parâmetros cinéticos dos grupos. Idosos com DP apresentam maior variabilidade que o grupo controle nas distâncias entre o pé e o obstáculo. A complexidade imposta pelo obstáculo somada ao déficits da doença, tornam essa fase mais variável para este grupo. Além disso, os obstáculos mais baixos e mais altos parecem exacerbar a variabilidade da distância entre o pé e o obstáculo de idosos com DP. Entretanto, a altura do obstáculo não interfere na variabilidade dos parâmetros cinéticos.

### 3.1 – Introdução

Tropeços durante a ultrapassagem de obstáculo são identificados como uma das principais causas de quedas de idosos com doença de Parkinson (DP) (STOLZE et al., 2004). A ultrapassagem de obstáculo é associado com aumento na demanda cognitiva (BROWN et al., 2005) e sensório-motora (ABBRUZZESE & BERARDELLI, 2003; BERARDELLI et al., 2001). Os comprometimentos nos ajustes espaço-temporais (VITÓRIO et al., 2014, 2010) e neuromusculares (STEGMÖLLER et al., 2012), na função executiva (DIRMBERGER et al., 2013), na atenção (DIRMBERGER et al., 2013) e no sistema perceptual (STEGMÖLLER et al., 2012) apresentados pelos idosos com DP são considerados os responsáveis pelas dificuldades e falhas durante a ultrapassagem de obstáculo. Além disso, idosos com DP apresentam déficits posturais, como inclinação do tronco à frente, que necessitam de controle constante do centro de massa e que parecem influenciar a fase de ultrapassagem do obstáculo (NEMANICH et al., 2013). Desta forma, durante a ultrapassagem do obstáculo, idosos com DP apresentam menor velocidade do passo, aumento da distância horizontal do pé para o obstáculo e da duração do passo, tornando a ultrapassagem mais cautelosa (VITÓRIO et al., 2010; CHEN et al., 1991; PIERUCCINI-FARIA et al., 2006, 2013).

A altura do obstáculo parece ser fator interveniente na estratégia de ultrapassagem do obstáculo. A variação da altura do obstáculo parece aumentar a exigência motora e de planejamento, requisitando ainda mais dos sistemas corporais (DIRMBERGER et al., 2013). A dificuldade em sincronizar os estímulos visuais com os sinais cinestésicos (DEMIRCI et al., 1997; CHEN et al., 1991) para preparar o movimento para situações mais desafiadoras parece ser uma das causas da alteração no padrão locomotor e do aumento no risco de quedas na ultrapassagem de obstáculo mais

alto. Dois estudos anteriores investigaram o efeito da altura do obstáculo na ultrapassagem de obstáculo durante o andar em idosos com DP (VITÓRIO et al., 2010; PIERUCCINI-FARIA et al., 2006, 2013). Ambos os estudos tinham duas condições para ultrapassagem: obstáculo baixo (altura do tornozelo) e alto (metade da altura do joelho). A presença do obstáculo mais alto para ultrapassagem causou estratégia conservadora de idosos com DP, que aumentaram a distância vertical do pé para o obstáculo (*toe-clearance*) de ambos os membros e a duração do passo durante a ultrapassagem do obstáculo (VITÓRIO et al., 2010; PIERUCCINI-FARIA et al., 2006, 2013). Entretanto, estes estudos focaram em descrever e identificar variáveis-chave e déficits-chave que prejudicam o andar de idosos com DP na situação de obstáculos com diferentes alturas, mas sem investigar a variabilidade deste comportamento durante a ultrapassagem de obstáculo. Informações da variabilidade do andar são importantes por indicar os mecanismos relacionados com a ritmicidade da marcha, o gerador central de padrão e o controle do equilíbrio (GABELL e NAYAK, 1984). Além disso, baixa variabilidade do parece indicar precisão e segurança entre os sistemas que regulam o andar (HAUSDORFF et al, 1997; TERRIER e SCHUTZ, 2003). Este é o primeiro estudo que analisou a variabilidade dos parâmetros espaço-temporais e cinéticos do passo de ultrapassagem de obstáculo de idosos com DP, especialmente quando a altura do obstáculo foi manipulada.

Mediante ao apresentado, o presente estudo tem como objetivo investigar a variabilidade dos parâmetros espaço-temporais e cinéticos dos passos de ultrapassagem de obstáculos de diferentes alturas em idosos com DP e idosos neurologicamente saudáveis. Devido aos déficits nos diferentes sistemas corporais causados pela DP (TAKAKUSAKI et al., 2008), espera-se que a variabilidade dos parâmetros do andar durante a ultrapassagem do obstáculo esteja exacerbada em idosos com DP em

comparação ao grupo controle, especialmente na ultrapassagem de obstáculo mais baixo (SIMIELI et al., 2015b)

### **3.2 Método**

#### *3.2.1 Participantes*

Os idosos com DP foram selecionados a partir do banco de dados do Programa de Atividade Física para Pacientes com Doença de Parkinson (PROPARKI – UNESP – Rio Claro). Os idosos com DP que não se enquadravam nos critérios estabelecidos para o estudo foram excluídos previamente. Após a triagem inicial, os idosos com DP foram convidados a participar do estudo, sendo analisado mais detalhadamente cada critério inclusão e exclusão, para então, iniciar a participação no estudo. Para os idosos saudáveis, o mesmo procedimento foi estabelecido, mas a partir do banco de dados do Programa de Atividade Física para Idosos da Terceira Idade (PROFIT).

Participaram do estudo 28 idosos, sendo 15 idosos com DP (70,66±6,55 anos; 1,63±0,07 m; 70,61±9,82 kg; Hoehn e Yahr = 2,1±0,4 pts; UPDRS III = 24,75±11,25; 8 homens - grupo DP) e 13 idosos neurologicamente sadios (71,53±5,42 anos; 1,59±0,08 m; 70,50±15,49kg; 7 homens - grupo controle). Os idosos de ambos os grupos não apresentaram déficits cognitivos (grupo DP = 28,26±1,66 pts; grupo controle = 28,46±1,63 pts). O idoso permitiu sua participação no estudo através do termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética local (Protocolo nº 580.665/2013).

Os seguintes critérios de exclusão foram estabelecidos para a composição da amostra de idosos com DP e idosos neurologicamente sadios: idade abaixo dos 60 anos, declínio cognitivo, histórico de problemas ortopédicos, de visão e vestibulares (tontura) que impossibilitassem a realização do protocolo experimental. Também foram excluídos

participantes que tinham diabetes *mellitus*, uma vez que a sensibilidade plantar pode estar alterada e prejudicar o andar. Ainda, como critério de inclusão, os idosos com DP deveriam estar sob tratamento medicamentoso e apresentar estágio da DP até III na escala de Hoehn & Yahr (H&Y - HOEHN, YAHR, 1967; Versão adaptada por SCHENKMAN et al., 2001). O diagnóstico da doença foi indicado por um avaliador experiente com base nos critérios determinados pelo Banco de Cérebro de Londres (HUGHES et al., 1982).

### *3.2.2 Avaliações clínicas e do andar*

A avaliação clínica e do andar dos idosos com DP foram realizadas uma hora após a ingestão da medicação específica para a DP.

Como parte da avaliação clínica dos idosos com DP e determinação do grau de acometimento da doença e estadiamento, os pacientes foram avaliados através da UPDRS (FAHN e ELTON, 1987) e da Escala de Hoehn e Yahr, respectivamente. Além disso, ambos os grupos tiveram a cognição avaliada pelo Mini Exame do Estado Mental (BRUCKI et al., 2003).

Os participantes realizaram 10 tentativas das seguintes tarefas: andar com ultrapassagem de obstáculo baixo, andar com ultrapassagem de obstáculo intermediário e andar com ultrapassagem de obstáculo alto. Desta forma, cada participante realizou 30 tentativas no total. A ordem de apresentação das tentativas foi randomizada por bloco de cada condição entre os participantes.

Os participantes foram instruídos a caminhar na velocidade preferida até o final de uma passarela com 8m de comprimento. O obstáculo foi posicionado no centro da passarela (4m do início da tarefa) e teve sua altura ajustada de acordo com as características antropométricas de cada participante. O obstáculo alto teve altura

equivalente à metade da altura do joelho. O obstáculo intermediário teve altura equivalente à metade da soma da altura do obstáculo alto e do obstáculo baixo. Por fim, o obstáculo baixo teve altura equivalente à altura do tornozelo do participante. A saída foi ajustada para garantir que a ultrapassagem fosse realizada confortavelmente com o membro direito. Também foi pedido aos participantes que evitassem o contato com o obstáculo.

Os parâmetros espaço-temporais foram coletados por meio do GAITRite<sup>®</sup> (CIR System, Clifton, NJ, USA) e um sistema optoeletrônico (Optotrak Northern Digital Inc., Waterloo, Ont., Canada) com frequência a 100 Hz. Os sinais dos parâmetros espaço-temporais foram filtrados com filtro Butterworth de 5<sup>a</sup> ordem e com filtro passa baixa de 6 Hz. Os parâmetros cinéticos foram adquiridos através de duas plataformas de força (AccuGait, Advanced Mechanical Technologies, Boston, MA) de 50 x 50 cm, com frequência de aquisição de 200 Hz. A primeira plataforma de força foi posicionada antes da ultrapassagem (contato com o membro de suporte - perna esquerda) e a segunda, logo após o obstáculo (contato com o membro de abordagem - perna direita). Os sinais analógicos de força foram digitalizados por um conversor analógico-digital, incluindo as forças em três direções (vertical, anteroposterior e médio-lateral) e os momentos sobre os três eixos principais. Os sinais foram filtrados com filtro Butterworth de 4<sup>o</sup> ordem e com filtro de passa baixa de 16 Hz.

### *3.2.3 Análise dos dados*

O tratamento dos dados e o cálculo das variáveis foram realizados através de rotina específica escrita em linguagem Matlab (Versão 7.0 – Math Works, Inc.). Foram analisados os seguintes parâmetros espaço-temporais para cálculo da variabilidade: comprimento, largura e duração do passo, duração do suporte simples e do duplo suporte (porcentagem da duração do passo) e velocidade do passo. Estes parâmetros

foram calculados nos passos de ultrapassagem do membro de abordagem (direito) e de suporte (esquerdo). Ainda, foi calculada a distância horizontal do pé para o obstáculo antes e depois da ultrapassagem do obstáculo e a distância vertical do pé e para o obstáculo (calculado a partir da distância de um emissor infravermelho posicionado no 5º metatarso do pé direito e na base do hálux do pé esquerdo e um emissor infravermelho posicionado no obstáculo) para ambos os membros inferiores. Além disso, as seguintes variáveis cinéticas foram extraídas a partir das curvas força-tempo normalizadas: impulso de frenagem e de propulsão para as componentes de força vertical e horizontal. O corte entre frenagem e propulsão foi definido como o momento em que a força horizontal cruza o zero (MORAES et al., 2007).

Para responder as questões do estudo, foram analisadas a variabilidade interpassos dos parâmetros de interesse (HAUSDORFF et al., 2001). A variabilidade foi calculada através dos valores médios e desvios padrão dos parâmetros dos dois passos da ultrapassagem para cada tentativa. A partir destes valores foi calculado o coeficiente de variação para determinar a variabilidade interpasso (HAUSDORFF et al., 2005; CAMICIOLI et al., 2006; SIMIELI et al., 2015 a,b). Após isso, foi calculado uma média deste coeficiente para cada participante em cada condição.

### 3.2.4 Análise estatística

As características antropométricas dos participantes, a função cognitiva e os parâmetros espaço-temporais e cinéticos foram analisadas estatisticamente no software SPSS 15.0 for Windows®. Os testes de Shapiro-Wilk e de Levene foram empregados para verificação da normalidade na distribuição dos dados e da homogeneidade das variâncias, respectivamente. Para os valores de variabilidade dos parâmetros espaço-temporais e cinéticos foram empregadas ANOVAs *two-way* com fator para grupo

(grupo DP x grupo controle) e condição (andar com ultrapassagem de obstáculo baixo x andar com ultrapassagem de obstáculo intermediário x andar com ultrapassagem de obstáculo alto), com medidas repetidas para condição. Quando houve interação entre os fatores, testes *post hoc* de Bonferroni foram utilizados para indicar as diferenças entre as condições. O nível de significância nas análises foi mantido em 0.05.

### **3.3 Resultados**

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios dos parâmetros espaço-temporais, distâncias horizontais e verticais entre o pé e o obstáculo antes e após a ultrapassagem do obstáculo e cinéticos por grupo e por condição.

**Tabela 1.** Médias (desvios padrão) do parâmetros de ultrapassagem. PC: peso corporal; DHPO: distância horizontal entre o pé e o obstáculo antes da ultrapassagem do obstáculo; DHOP: distância horizontal entre o pé e o obstáculo após da ultrapassagem do obstáculo; DV: distância vertical (*toe-clearance*) entre o pé e o obstáculo.

	Parâmetros espaço-temporais											
	Obstáculo Baixo				Obstáculo Intermediário				Obstáculo Alto			
	Perna direita (ultrapassagem)		Perna esquerda (suporte)		Perna direita (ultrapassagem)		Perna esquerda (suporte)		Perna direita (ultrapassagem)		Perna esquerda (suporte)	
	Controle	DP	Controle	DP	Controle	DP	Controle	DP	Controle	DP	Controle	DP
<b>Comprimento (cm)</b>	67.69 (7.69)	63.68 (7.02)	59.20 (11.63)	52.30 (9.82)	67.30 (8.53)	62.81 (7.06)	59.53 (10.23)	54.67 (7.24)	66.12 (7.69)	63.43 (7.31)	59.68 (13.05)	52.00 (8.11)
<b>Duração (s)</b>	0.63 (0.07)	0.70 (0.09)	0.62 (0.08)	0.67 (0.07)	0.66 (0.08)	0.74 (0.09)	0.66 (0.09)	0.73 (0.09)	0.70 (0.09)	0.78 (0.08)	0.71 (0.10)	0.77 (0.09)
<b>Largura (cm)</b>	11.38 (5.01)	11.61 (3.02)	13.97 (3.63)	13.20 (2.99)	10.70 (5.01)	12.10 (3.93)	14.88 (3.83)	13.03 (2.77)	11.78 (6.03)	12.26 (3.16)	14.44 (5.27)	14.21 (2.78)
<b>Duplo Suporte (%)</b>	15.78 (1.67)	17.40 (1.37)	18.02 (2.12)	21.41 (2.64)	14.80 (1.24)	15.82 (1.64)	18.00 (2.12)	20.83 (2.22)	13.93 (1.58)	14.77 (1.67)	16.55 (2.96)	20.75 (2.10)
<b>Suporte Simples (%)</b>	84.21 (1.67)	82.59 (1.37)	75.92 (22.66)	78.58 (2.64)	85.19 (1.24)	84.17 (1.64)	81.99 (2.12)	80.47 (2.57)	86.06 (1.58)	85.22 (1.67)	83.44 (2.96)	81.19 (3.28)
<b>Velocidade (cm/s)</b>	109.01 (18.10)	92.20 (16.94)	96.13 (22.92)	78.91 (18.45)	103.29 (18.37)	86.01 (15.99)	91.59 (21.34)	75.99 (13.80)	95.61 (15.43)	82.30 (14.16)	85.36 (22.18)	68.69 (14.14)
	Parâmetros cinéticos											
	Pré-obstáculo						Pós-obstáculo					
	Obstáculo Baixo		Obstáculo Intermediário		Obstáculo Alto		Obstáculo Baixo		Obstáculo Intermediário		Obstáculo Alto	
	Controle	DP	Controle	DP	Controle	DP	Controle	DP	Controle	DP	Controle	DP
<b>Frenagem(%pc/s)</b>	0.18 (0.08)	0.12 (0.04)	0.19 (0.02)	0.13 (0.04)	0.21 (0.03)	0.14 (0.04)	0.20 (0.05)	0.10 (0.06)	0.21 (0.06)	0.22 (0.08)	0.22 (0.08)	0.23 (0.09)
<b>Propulsão(%pc/s)</b>	0.11 (0.06)	0.09 (0.03)	0.12 (0.07)	0.09 (0.04)	0.13 (0.07)	0.10 (0.04)	0.10 (0.06)	0.20 (0.08)	0.11 (0.08)	0.11 (0.09)	0.12 (0.09)	0.11 (0.06)
	Distâncias horizontais e verticais do obstáculo											
	Grupo Controle						Grupo Parkinson					
	Abordagem			Suporte			Abordagem			Suporte		
	DHPO	DHOP	DV	DHPO	DHOP	DV	DHPO	DHOP	DV	DHPO	DHOP	DV
<b>Baixo</b>	73.46 (14.59)	27.31 (6.16)	23.24 (5.07)	12.89 (4.31)	60.22 (10.23)	3.85 (2.24)	58.44 (9.40)	23.69 (4.04)	23.61 (7.94)	13.60 (4.79)	65.12 (9.68)	5.64 (4.20)
<b>Intermediário</b>	73.74 (12.54)	28.70 (6.90)	19.51 (5.42)	12.42 (4.45)	58.88 (10.13)	3.63 (1.42)	58.29 (10.27)	22.98 (3.88)	20.23 (19.51)	13.66 (3.86)	64.78 (7.47)	3.50 (2.66)
<b>Alto</b>	69.38 (10.07)	27.11 (5.56)	13.06 (5.90)	24.63 (4.35)	72.65 (9.74)	7.84 (3.89)	58.47 (8.07)	23.45 (4.01)	14.72 (8.77)	13.77 (4.04)	66.55 (5.30)	7.06 (2.66)

### 3.3.1 Variabilidade dos parâmetros espaço-temporais

A ANOVA revelou efeito principal para condição (Wilks' Lambda = 0,14;  $F_{12,15} = 7,40$ ,  $p < 0,001$ ). Não houve efeito para grupo (Wilk's Lambda: 0,59;  $F_{6,21} = 2,31$ ,  $p = 0,06$ ) e interação entre os fatores (Wilk's Lambda: 0,60;  $F_{12,15} = 0,82$ ,  $p = 0,62$ ). Para condição, no andar em que o obstáculo baixo estava presente, a variabilidade da velocidade do passo foi menor comparada às outras alturas ( $p < 0,001$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Médias e desvios padrão da variabilidade dos parâmetros analisados por condição. #: Diferença entre as condições com obstáculo intermediário e alto com a condição com obstáculo baixo.

		<b>Obstáculo Baixo</b>	<b>Obstáculo Intermediário</b>	<b>Obstáculo Alto</b>
<b>Comprimento do passo (%)</b>	<b>GC</b>	4,45±2,93	5,33±2,43	5,89±2,71
	<b>DP</b>	4,93±1,80	5,19±2,44	5,05±1,62
<b>Duração do passo (%)</b>	<b>GC</b>	4,81±1,54	5,17±1,80	4,94±1,15
	<b>DP</b>	4,84±1,60	5,07±1,77	4,91±1,96
<b>Largura do passo (%)</b>	<b>GC</b>	27,56±9,36	32,85±10,67	31,62±12,56
	<b>DP</b>	30,05±9,63	29,44±7,27	28,83±8,40
<b>Duplo suporte (%)</b>	<b>GC</b>	8,31±2,63	8,84±6,55	8,85±3,09
	<b>DP</b>	6,86±1,79	6,55±1,16	6,82±1,59
<b>Suporte simples (%)</b>	<b>GC</b>	1,69±0,48	1,74±0,56	1,59±0,62
	<b>DP</b>	1,61±0,51	1,49±0,34	1,47±0,39
<b>Velocidade do passo (%)</b>	<b>GC</b>	6,41±2,19	7,76±3,68#	7,91±2,89#
	<b>DP</b>	6,63±2,00	7,76±3,40#	7,52±2,41#

### 3.3.2 Variabilidade das distâncias horizontais entre o pé e o obstáculo

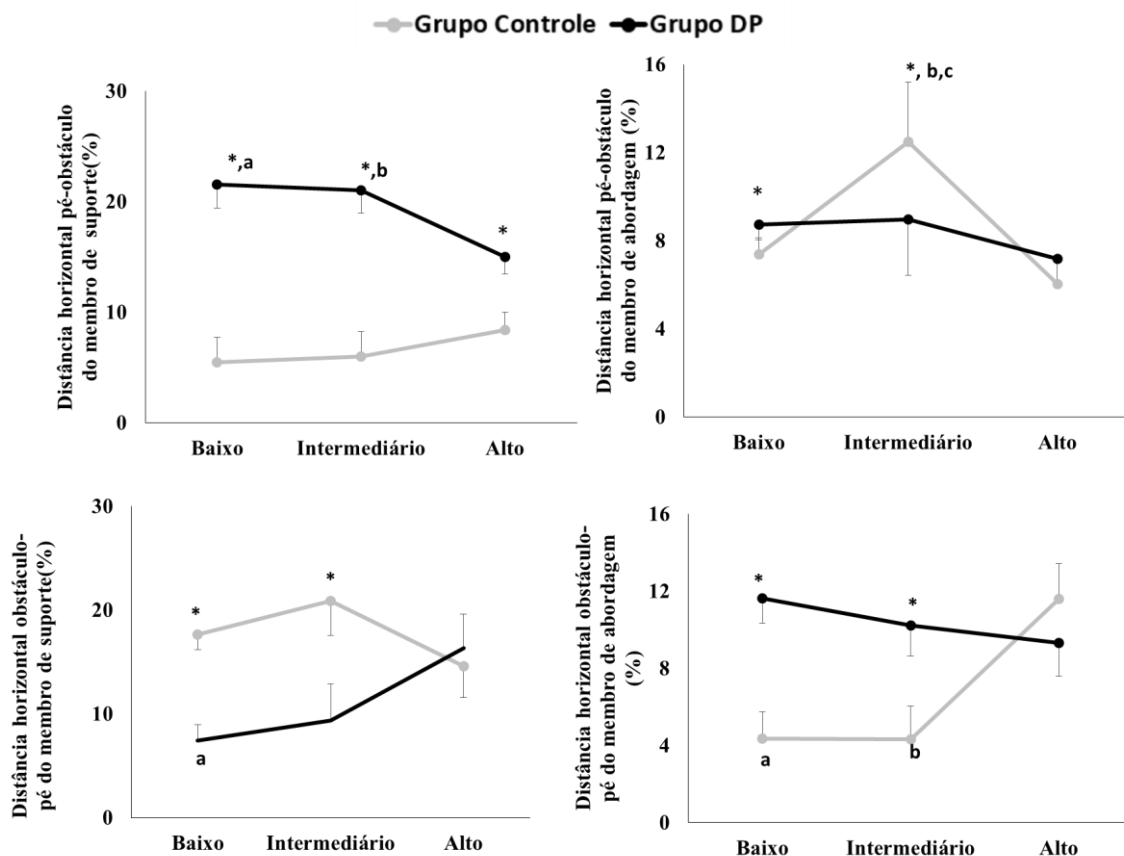
A ANOVA indicou efeito principal para grupo (Wilk's Lambda = 0,57;  $F_{8,19} = 1,78$ ,  $p < 0,001$ ) e interação entre grupo\*condição (Wilks' Lambda = 0,35;  $F_{8,19} = 4,38$ ,  $p < 0,004$ ) para a distância horizontal do pé para o obstáculo do membro de suporte antes

da ultrapassagem do obstáculo e da distância horizontal do pé para o obstáculo do membro de suporte e do membro de abordagem depois da ultrapassagem do obstáculo.

Para a interação (Figura 1), o teste *post hoc* indicou maior variabilidade da distância horizontal do pé para o obstáculo do membro de suporte antes da ultrapassagem ( $p < 0,001$ ) para o grupo DP em relação ao grupo controle em todas as condições em que o obstáculo estava presente. Para a distância horizontal do obstáculo para o pé do membro de abordagem após a ultrapassagem, o grupo DP apresentou maior variabilidade que o grupo controle nas condições com obstáculo baixo ( $p < 0,001$ ) e obstáculo intermediário ( $p < 0,01$ ). Já para a distância horizontal do obstáculo para o pé do membro de suporte após a ultrapassagem, o grupo controle apresentou maior variabilidade que o grupo DP nas condições com obstáculo baixo ( $p < 0,001$ ) e intermediário ( $p < 0,02$ ).

Para grupo (Figura 1), os idosos com DP apresentaram maior variabilidade que o grupo controle nas distâncias horizontais do pé para o obstáculo do membro de suporte ( $p < 0,001$ ) antes da ultrapassagem e na distância horizontal do obstáculo para o pé do membro de abordagem após a ultrapassagem ( $p < 0,04$ ). O grupo controle apresentou maior variabilidade que o grupo DP na distância horizontal do obstáculo para o pé do membro de suporte ( $p < 0,01$ ).

**Figura 1.** Interação grupo\*obstáculo para a variabilidade das distâncias horizontais entre o pé e o obstáculo antes e após a ultrapassagem do obstáculo para o membro de abordagem e de suporte. a: Diferença entre a ultrapassagem de obstáculo baixo e alto.; b: Diferença entre a ultrapassagem de obstáculo intermediário e alto; c: Diferença entre a ultrapassagem de obstáculo baixo e intermediário. \* Diferença entre os grupos



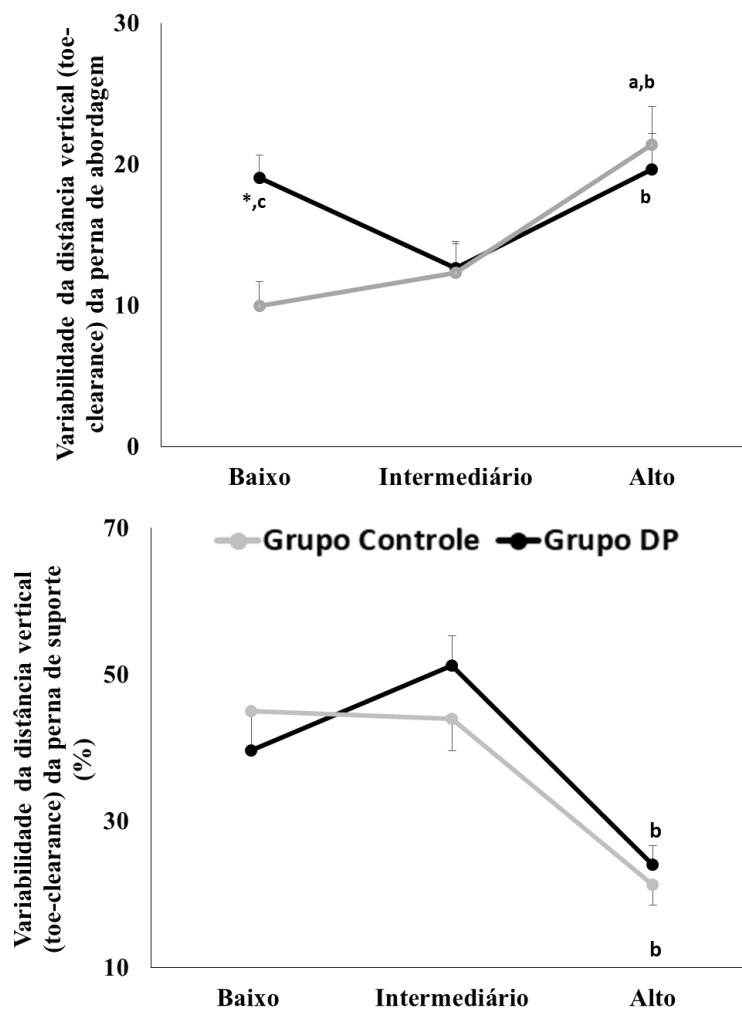
### 3.3.3 Variabilidade das distâncias verticais entre o pé e o obstáculo

A MANOVA revelou efeito principal para condição (Wilks' Lambda = 0,22;  $F_{4,23} = 19,64$ ;  $p < 0,001$ ) e interação entre os fatores grupo\*condição (Wilks' Lambda = 0,56;  $F_{4,23} = 4,39$ ,  $p < 0,009$ ) para a distância vertical do membro de ultrapassagem. Não houve efeito de grupo para esta variável (Wilks' Lambda = 0,95;  $F_{2,25} = 0,58$ ,  $p = 0,56$ ).

Na interação grupo\*condição, o teste *post hoc* indicou maior variabilidade para a distância vertical do membro de abordagem para o grupo DP em relação ao grupo controle ( $p < 0,001$ ) na presença do obstáculo baixo (Figura 2). Ainda, para o grupo DP, a variabilidade da distância do membro de abordagem foi maior na condição de obstáculo baixo ( $p < 0,002$ ) e alto ( $p < 0,004$ ) em relação à condição de obstáculo intermediário. Já para o grupo controle, a variabilidade da distância vertical do membro de abordagem foi maior na presença do obstáculo alto em comparação ao obstáculo baixo ( $p < 0,001$ ) e obstáculo intermediário ( $p < 0,001$ ).

Para condição (Figura 2), o teste *post hoc* indicou maior variabilidade na distância vertical do membro de abordagem na presença do obstáculo alto em comparação à ultrapassagem de obstáculo baixo ( $p < 0,007$ ) e intermediário ( $p < 0,001$ ). Já para o membro de suporte, a variabilidade da distância vertical pé-obstáculo foi maior quando o obstáculo baixo ( $p < 0,001$ ) e intermediário ( $p < 0,001$ ) estavam presente em relação a condição de obstáculo alto.

**Figura 2.** Médias e desvios padrão da variabilidade da distância vertical do pé para o obstáculo do membro de abordagem e suporte. a: diferença entre obstáculo alto e obstáculo baixo; b: diferença entre a ultrapassagem de obstáculo alto e obstáculo intermediário; c: diferença entre a ultrapassagem de obstáculo baixo e obstáculo intermediário; \*: diferença entre os grupos.

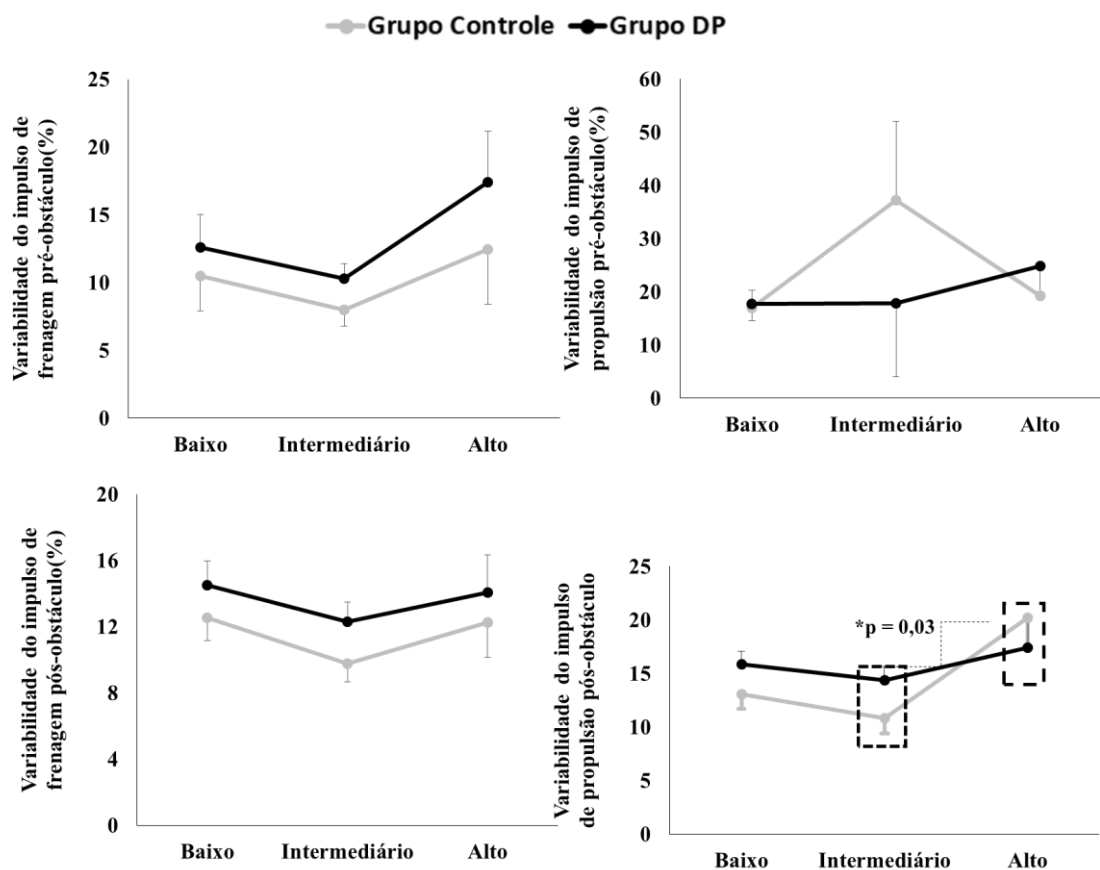


### 3.3.4 Variabilidade dos parâmetros cinéticos

Para a plataforma de força antes do obstáculo, a MANOVA não indicou efeito principal para grupo (Wilks' Lambda = 0,87;  $F_{2,25} = 1,78$ ,  $p=0,18$ ), condição (Wilks' Lambda = 0,82;  $F_{4,23} = 1,23$ ,  $p=0,32$ ) e interação entre os fatores (Wilks' Lambda =

0,94;  $F_{4,23} = 0,34$ ,  $p=0,84$ ). Para a plataforma de força após o obstáculo, a MANOVA revelou efeito principal para condição (Wilks' Lambda = 0,54;  $F_{4,23} = 4,72$ ,  $p<0,006$ ) para o impulso de propulsão no sentido vertical. O teste *post hoc* revelou maiores valores da variabilidade do impulso de propulsão na presença do obstáculo alto em relação à condição de obstáculo intermediário na plataforma após o obstáculo (Figura 3). Não houve efeito principal para grupo (Wilks' Lambda = 0,943;  $F_{2,25} = 0,750$ ,  $p=0,483$ ) e interação entre os fatores (Wilks' Lambda = 0,890;  $F_{4,23} = 0,711$ ,  $p=0,593$ ).

**Figura 3.** Médias e desvios padrão para a variabilidade do impulso de frenagem e propulsão no sentido vertical das plataformas de força antes e após o obstáculo em cada condição de obstáculo para cada grupo.



### 3.4 Discussão

O objetivo do estudo foi investigar a variabilidade dos parâmetros espaço-temporais e cinéticos dos passos de ultrapassagem de obstáculos de diferentes alturas em idosos com DP e idosos neurologicamente saudáveis. Os resultados confirmaram em parte nossa hipótese. Os idosos com DP apresentaram maiores valores na variabilidade do que o grupo controle, principalmente para os parâmetros da distância horizontal e vertical entre o pé e o obstáculo, corroborando com a literatura existente (HAUSDORFF et al., 1998; ROEMMICH et al., 2012). Entretanto, os principais achados do estudo discutidos a seguir são contrários à hipótese inicial: i) a falta de efeito nos parâmetros cinéticos entre grupos e entre as alturas do obstáculo; ii) o aumento da variabilidade da velocidade do passo para a ultrapassagem do obstáculo intermediário e alto em ambos grupos em comparação à ultrapassagem do obstáculo baixo; iii) a maior variabilidade da distância horizontal do pé para o obstáculo do membro de suporte depois da ultrapassagem do obstáculo para o grupo controle.

Idosos neurologicamente saudáveis e com DP parecem não variar os parâmetros cinéticos durante a ultrapassagem de obstáculo com alturas diferentes. Os grupos conservaram as características cinéticas semelhantes (sem mudança da variabilidade) independentemente da altura do obstáculo. Uma possível explicação para isso é a robustez dos parâmetros cinéticos. Durante o processo de envelhecimento, ocorre a deterioração dos sistemas neuromotor e muscular (KANG, DINGWELL, 2008). Os idosos, de maneira geral, diminuem o controle muscular e, sob condições complexas (ultrapassagem de obstáculos), adotam uma estratégia robusta, conservando o padrão para garantir segurança. Ainda, a ultrapassagem do membro de suporte ocorre sem

informação visual, uma vez que este membro está atrás do campo de visão do participante (PIERUCCINI-FARIA et al., 2013; MOHAGHEGHI et al., 2004), e pode auxiliar nesta robustez dos parâmetros cinéticos antes da ultrapassagem do obstáculo. Além disso, pode-se interpretar que a manutenção destes parâmetros após a ultrapassagem do obstáculo está relacionada à manutenção da altura de elevação do membro de abordagem necessária para ultrapassar as três alturas de obstáculo. A soma dos valores médios da distância vertical do membro de abordagem para o obstáculo de cada altura de obstáculo (obstáculo baixo ~ 23cm, obstáculo intermediário ~ 19cm, obstáculo alto ~ 13cm) com a altura de cada obstáculo (obstáculo baixo ~ 5cm, obstáculo intermediário ~ 15 cm, obstáculo alto ~ 20cm), nota-se que a elevação do membro de abordagem é semelhante para os três casos (aproximadamente 30 cm). Desta forma, os indivíduos mantêm um padrão que consideram seguro (elevar o pé a 30 cm do solo) para evitar alterações constantes que possam prejudicar o desempenho na tarefa e torná-la mais perigosa.

A ultrapassagem de obstáculos mais altos aumenta a variabilidade da velocidade do andar para ambos os grupos. A ultrapassagem de obstáculo baixo apresentou menor variabilidade da velocidade comparado à ultrapassagem de obstáculos alto e intermediário. Aumentar a variabilidade da velocidade do passo de ultrapassagem pode ser uma estratégia perigosa. A limitação física imposta por obstáculos mais altos, requer maior preparação e cautela (PIERUCCINI-FARIA et al., 2013). Alterar constantemente a velocidade de ultrapassagem do obstáculo pode aumentar o risco de quedas, uma vez que idosos não apresentam os sistemas musculares e motores totalmente conservados para responder rapidamente a perturbações da tarefa (KANG, DINGWELL, 2008). Dessa forma, se o planejamento for executado de maneira ineficiente, não haverá tempo hábil para correção, podendo ocasionar um tropeço e, conseqüentemente, queda. Em

idosos com DP, essas alterações estão relacionados com aquelas que diminuem a estabilidade do andar, como o aumento da variabilidade (BLOEM et al., 2001). Além disso, ultrapassar obstáculos de alturas maiores gera um aumento no desafio na tarefa, fazendo com que os idosos tenham dificuldade para encontrar um padrão não variável nesta condição. O obstáculo baixo, por sua vez, não representa um grande desafio para os idosos, possibilitando a manutenção de um padrão de locomoção constante. Entretanto, esta manutenção do padrão para a ultrapassagem de obstáculo baixo pode ser enganoso, uma vez que idosos com DP e neurologicamente saudáveis parecem subestimar o obstáculo baixo e deixar os ajustes para a ultrapassagem do obstáculo nos dois últimos passos antes do obstáculo (Estudo 1).

O posicionamento do pé em relação ao obstáculo e a margem de segurança (distância vertical entre o pé e o obstáculo) para a ultrapassagem do obstáculo são mais variáveis em idosos com DP. Este achado pode ser explicado pelos seguintes argumentos: i) a ultrapassagem de obstáculo é uma situação que envolve maior complexidade de programação e execução do movimento (VITÓRIO et al., 2010). Idosos com DP apresentam déficits sensoriais (ALMEIDA et al., 2005; DIRNBERGER et al., 2013) que prejudicam a correta interpretação do ambiente. Desse modo, os idosos com DP necessitam realizar ajustes constantes para corrigir erros e executar a tarefa com sucesso. Este quadro torna-se mais agravado em situações extremas na altura do obstáculo, como na ultrapassagem de obstáculo baixo e alto, aumentando a variabilidade das distâncias verticais. A incapacidade desses indivíduos em perceber o ambiente de maneira correta nestas situações (CHEN et al., 1991) torna a ultrapassagem desses obstáculos mais desafiadora; ii) a ultrapassagem do obstáculo é dependente da informação visual sobre a relação das partes corporais com o obstáculo para manter a distância entre o pé e o obstáculo de maneira segura (OY, DONKELLAR, CHOU,

2015). Para isso, é necessário que exista atenção visuo-espacial para identificar o obstáculo e integrar a informação visual e somatossensorial para elevar o pé a uma distância segura do obstáculo e não tropeçar (OY, DONKELLAR, CHOU, 2015). Devido aos déficits sensoriais do grupo DP (ALMEIDA et al., 2005), a presença do obstáculo necessita de uma interpretação mais complexa, o que aumenta a participação de áreas corticais na marcha (DIRMBERGER et al., 2013), aumentando as modulações antes e durante a ultrapassagem; iii) o obstáculo intermediário (~15 cm) é a altura comumente enfrentada no dia-a-dia pelos idosos (meio-fio, degraus, etc.) e pode não ser tão desafiadora quanto alturas maiores e menores.

### **3.5 Conclusão**

Idosos com DP apresentam maior variabilidade que o grupo controle nas distâncias entre o pé e o obstáculo. A complexidade imposta pelo obstáculo somada ao déficits da doença tornam o comportamento mais variável na fase de ultrapassagem para esse grupo. Além disso, os obstáculos mais baixos e mais altos parecem exacerbar a variabilidade da distância entre o pé e o obstáculo de idosos com DP. Entretanto, a altura do obstáculo não interfere na variabilidade dos parâmetros cinéticos durante a ultrapassagem.

### 3.6 Referências bibliográficas

- ABBRUZZESE, G.; BERARDELLI, A. Sensorimotor integration in movement disorders. **Movement Disorders**. v.18, n. 3, p. 231-240, 2003.
- ALMEIDA, Q.J.; FRANK, J.S.; ROY, E.A.; PATLA, A.E.; JOG, M.S. Dopaminergic Modulation of timing control and variability in the gait of Parkinson's disease. **Movement Disorders**. v. 22, n. 12, p. 1735-1742, 2007.
- BERARDELLI, A.; ROTHWELL, J.C.; THOMPSON, P.D., HALLET, M. Pathophysiology of bradykinesia in Parkinson's disease [review]. **Brain**. v.24, p. 2131-2146, 2001.
- BLOEM, B.R.; GRIMBERGEN, Y.A.; CRAMER, M.; WILLEMSSEN, M.; ZWINDERMAN, A.H. Prospective assessment of falls in Parkinson's disease. **Journal of Neurology**. v. 248, p. 950 –958, 2001.
- BROTCHIE, P.; IANSEK, R.; HORNE, M. A neural network model of neural activity in the monkey globus pallidus. **Neurosciences Letters**. v. 131, n. 1, p. 33-36, 1991.
- BROWN, R. C.; LOCKWOOD, A.H.; SONAWANE, B. R. Neurodegenerative Diseases: Na overview of environmental risk factors. **Environmental Health Perspectives**. v.113, n. 9, 1250-1256, 2005.
- BRUCKI, S.M.; NITRINI, R.; CARAMELLI, P.; BERTOLUCCI, P.H.; IVAN, H.; OKAMOTO, I.H. Sugestões para o Uso do Mini Exame do Estado Mental no Brasil. [Suggestions for utilization of the Mini-Mental state examination in Brazil]. **Arquivos de Neuropsiquiatria**. v. 61, n. 3-B, p. 777-781, 2003.
- CAMICIOLI, R.; BOUCHARD, T.; LICIS, L. Dual-tasks and walking fast: Relationship to extra-pyramidal signs in advanced Alzheimer disease. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 248, n. 1, p. 205-209, 2006.
- CHEN, H.C.; ASHTON-MILLER, J.A.; ALEXANDER, N.B.; SCHULTZ, A.B. Stepping Over Obstacle: Gait Patterns of Healthy Young and Old Adults. **Journal of Gerontology: Medical Sciences**. v. 46, n. 6, M196-203, 1991.

- DEMIRCI, M.; GRILL, S.; McSHANE, L.; HALLET, M. A mismatch between kinesthetic and visual perception in Parkinson's disease. **Annals of Neurology**. v. 41, n.6, p. 781-788, 1997.
- DIRMBERGER.G.; JAHANSHAHI, M. Executive dysfunction in Parkinson's disease: A review. **Journal of Neuropsychology**. v.7, p.193-224, 2013.
- FAHN, S.; ELTON, R. L. MEMBERS OF THE UPDRS DEVELOPMENT COMITEE.Unified Parkinson's disease rating scale. (1987). In: Fahn, S.; Marsden, C.D., Calne, D.& Goldstein, M (Ed.). **Recent developments in Parkinson's Disease**, Florham Park,NJ: MacMillan Health Care Information, v.2, p.153-163, 1987.
- GABELL, A.; NAYAK, U.S. The effect of age on variability in gait. **Journal of Gerontology**. v. 39, p. 662-666, 1984.
- HAUSDORFF, J.M.; EDELBERG, H.K.; MITCHELL, S.L.; GOLDBERGER, A.L.;WEI, J.Y. Increased gait unsteadiness in community-dwelling elderly fallers. **Archives of Physical Medicine Rehabilitation**. v. 78, p. 278-283, 1997.
- HAUSDORFF, J.M.; CUDKOWICZ, M.E.; FIRTION, R.; WEI, J.Y.; GOLDBERGER, .L. Gait variability and basal ganglia disorders: stride-to-stride variations of gait cycletiming in Parkinson's disease and Huntington's disease. **Movement Disorders**. v.13, n.3, p. 428-437, 1998.
- HAUSDORFF, J.M.; RIOS, D.A. EDELBERG, H.K. Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. **Archives of Physical Medicine Rehabilitation**. v. 82, p. 1050-1056, 2001.
- HAUSDORFF, J.M. Gait variability: methods, modeling and meaning. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**. v. 2, n. 19, p. 1-9, 2005.
- HOEHN, M.M.; YAHR, M.D. Parkinsonism: onset, progression and mortality. **Neurology**. v. 17, n. 5, p. 427-442, 1967.
- HUGHES, C.P. et al. **Martin, R. L.** A new clinical scale for the staging of dementia. **The British Journal of Psychiatry**, v.140, p. 566-572, 1982.
- JANTZEN, K.J.; STEINBERG, F.L.; KELSO, J.A.S. Functional MRI reveals the existence of modality and coordination-dependent timing networks. **NeuroImage**. v. 25, p. 1031-1042, 2005.

- KANG, H.G.; DINGWELL, J.B. Separating the effects of age and walking speed on gait variability. **Gait and Posture**. v. 27, p. 572-7, 2008.
- McINTOSH, G.C.; BROWN, S.H.; RUTH, R.R.; THAUT, M.H. Rhythmic auditory-motor facilitation of gait patterns in patients with Parkinson's disease. **Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry**. v. 62, p. 22-26, 1997.
- MOHAGHEGHI, A. A., MORAES, R.; PATLA, A. E. The effects of distant and on-line visual information on the control of approach phase and step over an obstacle during locomotion. **Experimental Brain Research**, v. 155, p. 459–468, 2004.
- MORAES, R.; ALLARD, F.; PATLA, A.E. Validating determinants for an alternate foot placement selection algorithm during human locomotion in cluttered terrain. **Journal of Neurophysiology**. v. 98, n. 4, p.1928-1940, 2007.
- NAGY, A.; EORDEGH, G.; PARÓCZY, Z.; MÁRKUS, Z.; BENEDEK, G. Multisensory integration in the basal ganglia. **European Journal of Neuroscience**. v. 24, p. 917-924, 2006.
- NEMANICH, S.T.; DUNCAN, R.P.; DIBBLE, L.E.; CAVANAUGH, J.T.; ELLIS, T.D.; FORD, M.P. et al. Predictors of gait speeds and the relationship of gait speeds to falls in men and women with Parkinson disease. **Parkinson's Disease**, 2013; 2013:141720
- LO, O.Y.; VAN DONKELAAR P.; CHOU, L.S. Distracting visuospatial attention while approaching an obstacle reduces the toe-obstacle clearance. **Express Brain Research**. v. 233, n. 4, p.1137-1144, 2015..
- PIERUCCINI-FARIA, F.; MENUCHI, M.R.T.P.; VITÓRIO, R.; GOBBI, L.T.B.; STELLA, F.; GOBBI, S. Parâmetros cinemáticos da marcha com obstáculos em idosos com doença de Parkinson, com e sem efeito da levodopa: um estudo piloto. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. v. 10, n. 2, p. 233-239, 2006.
- PIERUCCINI-FARIA, F.; VITÓRIO, R.; ALMEIDA, Q.J.; SILVEIRA, C.R.; CAETANO, M.J.; STELLA, F.; GOBBI, S.; GOBBI, L.T. Evaluating the acute contributions of dopaminergic replacement to gait with obstacles in Parkinson's disease. **Journal of Motor Behavior**, v. 45, p. 130708115205009, 2013.
- ROEMMICH, R.T.; NOCERA, J.R.; VALLABHAJOSULA, S.; AMANO, S.; NAUGLE, K.M.;STEGEMOLLER, E.L.; HASS, C.J. Spatiotemporal variability

during gait initiation in Parkinson's disease. **Gait and Posture**. v. 36, p. 340-343, 2012.

ROCHESTER, L.; BURN, D.J.; WOODS, G. GODWIN, J.; NIEUWBOER, A. Does auditory rhythmical cueing improve gait in people with Parkinson's disease and cognitive impairment? A Feasibility Study. **Movement Disorders**. v. 24, n. 6, p. 839-845, 2009.

SHENKMAN, M.L.; CLARK, K.; XIE, T.; KUCHIBHATLA, M.; SHINBERG, M.; RAY, L. Spinal movement and performance of standing reach task in participants with and without Parkinson disease. **Physical Therapy**. v. 81, p. 1400-1411, 2001.

SIMIEMI, L.; BARBIERI, F.A.; ORCIOLI-SILVA, D.; LIRANI-SILVA, E.; STELLA, F.; GOBBI, L.T. Obstacle crossing with dual tasking is a danger for individuals with Alzheimer's disease and for healthy older people. **Journal of Alzheimer Disease**. v. 43, n. 2, p. 435-441, 2015.

SIMIEMI, L.; BARBIERI, F.A.; ORCIOLI-SILVA, D.; BERETTA, V.S.; SANTOS, P.C.R.; BAPTISTA, A.M.; GOBBI, L.T.B. A variabilidade da fase de aproximação para ultrapassagem de um obstáculo é dependente da altura do obstáculo em idosos com doença de Parkinson. **Gait and Posture** (SUBMETIDO)

STEGMÖLLER, E.L.; BUCKLEY, T. A.; PITSIKOULIS, C.; BARTHELEMY, E.; ROEMMICH, R.; HASS, C. J. Postural instability and gait impairment during obstacle crossing in Parkinson's disease. **Archives of Physical Medical Rehabilitation**. v. 93, p. 703-709, 2012.

STOLZE, H.; KLEBE, S.; ZEHLIN, C.; BAECKER, C.; FRIEGE, L.; DEUSCHL, G. Falls in frequent neurological diseases. Prevalence, risk factors and etiology. **Journal of Neurology**. v. 251, p. 79-84, 2004.

TAKAKUSAKI, K.; TOMITA, N.; YANO, M. Substrates for normal gait and pathophysiology of gait disturbances with respect to the basal ganglia dysfunction. **Journal of Neurology**, v. 255, n. 4, p. 19-29, 2008.

- TERRIER, P.; SCHUTZ, Y. Variability of gait patterns during unconstrained walking assessed by satellite positioning (GPS). **European Journal of Applied Physiology**. v. 90, p. 554-561, 2003.
- THAUT, M.H. Neural basis of rhythmic timing networks in the human brain. **Annals of the New York Academy of Sciences**. v. 999, p. 364-373, 2003.
- VITÓRIO, R.; PIERUCCINI-FARIA, F.; STELLA, F.; GOBBI, S. GOBBI, L.T.B. Effects of obstacle height on obstacle crossing in mild Parkinson's disease. **Gait and Posture**. v. 31, p. 143–146, 2010.
- VITÓRIO, R.; LIRANI-SILVA, E.; BAPTISTA, A.M.; BARBIERI, F.A.; SANTOS, P.C.R.; TEIXEIRA-ARROYO, C.; GOBBI, L.T.B. Disease severity affects obstacle crossing in people with Parkinson's disease. **Gait and Posture**. v. 40, p. 266-269, 2014.
- WOOLLACOTT, M.; SHUMWAY-COOK, A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. **Gait and Posture**. v. 16, p. 1-14, 2002.
- ZELAZNIK, H.N.; SPENCER, R.M.; IVRY, R.B.; BARIA, A.; BLOOM, M.; DOLANSKY, L.; JUSTICE S.; PATTERSON, K.; WHETTER, E. Timing variability in circle drawing and tapping: probing the relationship between event and emergent timing. **Journal of Motor Behavior**. v. 37, n. 5, p. 395-403, 2005.

**4- Variabilidade dos parâmetros espaço-temporais do andar com obstáculo  
predizem quedas em idosos com doença de Parkinson e neurologicamente  
sadios**

**Lucas Simieli, Fabio Augusto Barbieri, Diego Orcioli-Silva, Rodrigo Vitório, Paulo  
Cezar Rocha dos Santos, Vinícius Ignácio Alota Pereira, Lilian Teresa Bucken  
Gobbi**

**Submeter para Journal of Motor Behavior**

## Resumo

O presente estudo teve como objetivo identificar parâmetros preditores de quedas, especificamente relacionados à variabilidade dos parâmetros do andar com ultrapassagem de obstáculo de idosos caidores e não caidores neurologicamente saudáveis e com DP. Participaram do estudo 22 pacientes com DP (grupo DP) e 21 idosos neurologicamente saudáveis (grupo controle). Foi considerado caidor o idoso que apresentou pelo menos uma queda nos últimos 12 meses e não caidor o idoso que não apresentou queda no mesmo período. Os participantes foram instruídos a andar na velocidade preferida até o final de uma passarela com 8m de comprimento. O obstáculo foi posicionado no centro da passarela (4m do início da tarefa) e teve altura equivalente à altura do tornozelo do participante. Para prever os parâmetros de variabilidade que poderiam indicar quedas foi utilizada a análise *Receiver Operating Characteristic* (ROC). Os resultados indicaram que a variabilidade de parâmetros do andar com obstáculo é preditora de queda em idosos com DP e idosos saudáveis, especialmente a variabilidade intrapassos. Ainda, os grupos apresentaram diferentes parâmetros preditores. Para o grupo DP, a análise indicou bons classificadores nos momentos instáveis do andar (variabilidade do suporte simples do passo n-4) e da distância horizontal do pé para o obstáculo do membro de suporte antes da ultrapassagem. Para o grupo controle, os melhores classificadores foram os da fase mais estável (duplo suporte do passo n-3, largura do passo n-3) e a distância horizontal do pé para o obstáculo do membro de abordagem antes da ultrapassagem. Além disso, o uso da recorrência de quedas (mais de uma queda no ano) para determinar caidores e não caidores é uma classificação mais consistente para prever quedas. Pode-se concluir que os parâmetros da variabilidade do andar com ultrapassagem de obstáculo para prever quedas de idosos neurologicamente saudáveis e idosos com DP são diferentes. Ainda, a variabilidade dos passos mais distantes do obstáculo (n-4 e n-3) foram melhores classificadores de quedas. Finalmente, considerar idosos caidores com quedas recorrentes no período de um ano fornece respostas mais consistentes para a predição de quedas através da variabilidade dos parâmetros do andar com ultrapassagem do obstáculo.

## 4.1 Introdução

O comprimento, a duração e a velocidade da passada (GOLDBERGER et al., 2002; GRIFFIN et al., 2000; HAUSDORFF et al., 1996) de idosos são consideradas preditoras de quedas para o andar sem a presença de obstáculo. Para idosos com doença de Parkinson (DP), queda está relacionada principalmente com o aumento na variabilidade do comprimento e da duração da passada (SCHAAFSMA et al, 2003). A variabilidade dos parâmetros do andar é uma medida mais sensível que os valores médios para identificar idosos caidores (HAUSDORFF, 2005). Entretanto, grande parte das quedas em idosos neurologicamente saudáveis e com DP ocorrem por ajustes incorretos durante a ultrapassagem de obstáculo (STOLZE et al., 2004). Nossos estudos anteriores identificaram maiores valores da variabilidade nos passos mais próximos ao obstáculo baixo e para o *toe-clearance* da perna de abordagem para a mesma altura (ESTUDO 1; ESTUDO 2). Apesar destes achados relevantes sobre a variabilidade do andar com ultrapassagem de obstáculo, nenhum estudo anterior buscou encontrar fatores associados ao risco de quedas em idosos com DP na variabilidade dos parâmetros espaço-temporais e cinéticos da tarefa de andar com ultrapassagem de obstáculo.

O andar em ambientes irregulares, com buracos e obstáculos (GALNA et al., 2013, GOBBI et al., 2009), ocorre diariamente na vida de idosos e são considerados mais desafiadores. O planejamento e execução do andar com demanda ambiental é ajustado inadequadamente pelos idosos (PATLA, 2003), principalmente com DP (VITORIO et al., 2010; PIERUCCINI-FARIA et al., 2013). Idosos caidores apresentam dificuldades nos ajustes para a ultrapassagem de obstáculo, ou seja, planejamento eficiente da ação (STOLZE et al, 2004; PATLA, 1997), podendo aumentar a possibilidade de quedas. Idosos caidores apresentam maiores valores de variabilidade na duração do passo e no comprimento da passada que idosos não caidores

(HAUSDORFF, 2005). Em relação ao grupo DP, os idosos caidores apresentam maior variabilidade da largura do passo (sentido médio-lateral) que seus pares não caidores (WEISS, A. et al., 2014), apenas para o andar livre. Desta forma, o andar com ultrapassagem de obstáculo pode fornecer respostas mais adequadas e eficientes para prever quedas de idosos saudáveis e com DP, especialmente relacionados à variabilidade dos parâmetros do andar.

Assim, o presente estudo teve como objetivo identificar parâmetros preditores de quedas, especificamente relacionados à variabilidade dos parâmetros do andar, durante a ultrapassagem de obstáculo de idosos caidores e não caidores neurologicamente saudáveis e com DP. Dessa forma, a questão que o presente estudo quer responder é: Quais parâmetros espaço-temporais e cinéticos (variabilidade) são preditores de quedas durante o andar com ultrapassagem de obstáculo em idosos neurologicamente saudáveis e com DP?

## **4.2. Materiais e método**

### *4.2.1. Participantes*

Participaram deste estudo 22 pacientes com DP (grupo DP) e 21 idosos neurologicamente saudáveis (grupo controle). Os seguintes critérios de exclusão foram estabelecidos para a composição da amostra: idade abaixo dos 60 anos, declínio cognitivo, histórico de problemas ortopédicos, de visão e vestibulares (tontura) que impossibilitem o cumprimento do protocolo experimental. Também foram excluídos participantes que tinham diabetes *mellitus*, uma vez que a sensibilidade plantar pode estar alterada e prejudicar o andar. Ainda, como critério de inclusão, os idosos com DP deveriam estar sob tratamento medicamentoso e apresentar estágio da DP até III na escala de Hoehn & Yahr (H&Y - HOEHN, YAHR, 1967; Versão adaptada por

SCHENKMAN et al., 2001). Os grupos foram semelhantes em idade, gênero, estatura, massa corporal e nível de atividade física (Baecke modificado para os idosos - VOORRIPS et al., 1991).

A avaliação clínica e do andar do grupo DP foram realizadas em estado “ON” da medicação (aproximadamente uma hora após a ingestão do medicamento). O idoso permitiu a participação no estudo através da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética local (Protocolo nº580.665/2013).

#### *4.2.2 Classificação de caidor e não caidor*

Para o estudo, a queda foi considerada como o deslocamento não intencional do corpo para um nível abaixo à posição inicial, onde o participante não é capaz de realizar a correção em tempo hábil (PEREIRA et al., 2013). Foi considerado caidor o idoso que apresentou pelo menos uma queda nos últimos 12 meses e não caidor o idoso que não apresentou queda no mesmo período (KERR et al., 2010; VITÓRIO, 2014). Para isso, foi perguntado ao participante e/ou ao seu acompanhante (no caso do idosos com DP) se houve queda nos últimos 12 meses. Em caso de dúvida, o participante foi excluído da amostra. Além disso, para garantir que a queda não foi ao acaso (acidental) e o idoso era realmente caidor, também foi considerado para a análise o idoso caidor como aquele que apresentou 2 ou mais quedas no período de 12 meses.

#### *4.2.3 Avaliação clínica*

Para caracterizar a amostra, foi determinado o grau de acometimento da doença e estadiamento dos idosos com DP através da UPDRS (FAHN e ELTON, 1987) e da Escala de Hoehn e Yahr (GOETZ et al., 2004), respectivamente. Além disso, ambos os grupos realizaram o Mini Exame do Estado Mental (MEEM - BRUCKI et al., 2003) para rastreio das funções cognitivas e caracterização da amostra.

#### *4.2.4 Avaliação do andar com ultrapassagem de obstáculo*

Os participantes realizaram 10 tentativas na tarefa de andar com ultrapassagem de obstáculo baixo. Os participantes foram instruídos a andar na velocidade preferida até o final de uma passarela com 8m de comprimento. O obstáculo foi posicionado no centro da passarela (4m do início da tarefa) e teve sua altura ajustada de acordo com a altura do tornozelo do participante. A saída foi ajustada para garantir que a ultrapassagem fosse realizada confortavelmente com o membro direito. Também foi pedido aos participantes que evitassem o contato com o obstáculo.

Os parâmetros espaço-temporais foram coletados por meio do GAITRite® (CIR System, Clifton, NJ, USA) e um sistema optoeletrônico (Optotrak Northern Digital Inc., Waterloo, Ont., Canada) com frequência de 100 Hz. Os sinais dos parâmetros espaço-temporais foram filtrados com filtro Butterworth de 5ª ordem e com filtro passa baixa de 6 Hz. Os parâmetros cinéticos foram adquiridos através de duas plataformas de força (AccuGait, Advanced Mechanical Technologies, Boston, MA) de 50 x 50 cm, com frequência de aquisição de 200 Hz. A primeira plataforma de força foi posicionada antes da ultrapassagem (contato com o membro de suporte - perna esquerda) e a segunda, logo após o obstáculo (contato com o membro de abordagem – perna direita). Os sinais analógicos de força foram digitalizados por um conversor analógico-digital, incluindo as forças em três direções (vertical, anteroposterior e médio-lateral) e os momentos sobre os três eixos principais. Os sinais foram filtrados com filtro Butterworth de 4ª ordem e com filtro de passa baixa de 16 Hz.

#### *4.2.5 Análise de dados*

Para responder a questão do estudo, foram analisadas as variabilidades interpassos (ALMEIDA et al., 2005) e intrapassos (HAUSDORFF et al., 2001) dos

passos de interesse. A variabilidade interpassos foi calculada através dos valores médios e desvios padrão dos parâmetros dos passos de cada tentativa. A partir destes valores foi calculado o coeficiente de variação. Para a variabilidade intrapassos, foram calculados inicialmente os valores médios e desvios padrão dos parâmetros dos passos equivalentes de cada tentativa e, na sequência, o coeficiente de variação foi calculado (HAUSDORFF et al., 2005; CAMICOLI et al., 2006; SIMIELI et al., 2015 a,b).

#### *4.4.6 Fase de aproximação para o obstáculo*

A variabilidade interpassos foi calculada através dos valores médios e desvios padrão dos parâmetros dos passos n-4, n-3, n-2 e n-1 de cada tentativa. Para a variabilidade intrapassos, foram calculados inicialmente os valores médios e desvios padrão dos parâmetros dos passos equivalentes de cada tentativa (por exemplo, todos os passos n-4 das tentativas do andar sem ultrapassagem de obstáculo) e, na sequência, o coeficiente de variação foi calculado (ver FIGURA 1 – ESTUDO 1).

#### *4.2.7 Fase de ultrapassagem do obstáculo*

Foram analisados os seguintes parâmetros espaço-temporais para cálculo da variabilidade: comprimento, largura e duração do passo, duração do suporte simples e do duplo suporte (porcentagem da duração do passo) e velocidade do passo. Estes parâmetros foram calculados nos passos de ultrapassagem do membro de abordagem (direto) e de suporte (esquerdo). Ainda, foi calculada a distância horizontal do pé para o obstáculo antes e depois da ultrapassagem do obstáculo e a distância vertical do pé para o obstáculo (calculado a partir da distância de um emissor infravermelho posicionado no 5º metatarso do pé direito e na base do hálux do pé esquerdo e um emissor infravermelho posicionado no obstáculo) para ambos os membros inferiores. Além disso, as seguintes variáveis cinéticas foram extraídas a partir das curvas força-tempo

normalizadas: impulso de frenagem e de propulsão para as componentes de força vertical e horizontal. O corte entre frenagem e propulsão foi definido como o momento em que a força horizontal cruza o zero (MORAES et al., 2007).

#### 4.2.8 Análise estatística

As variáveis dependentes relativas aos parâmetros espaço-temporais e cinéticos foram analisadas estatisticamente no software SPSS 18.0 for Windows®. O nível de significância nas análises foi mantido em 0,05.

Para prever os parâmetros de variabilidade que poderiam indicar quedas foi utilizada a análise *Receiver Operating Characteristic* (ROC). A análise ROC é um método de análise que é capaz de identificar variáveis preditoras (PRATI et al., 2008) e, assim, traçar possíveis perfis, neste caso, de idosos caidores. Nesta análise, a especificidade e a área sob a curva foram calculadas. A sensibilidade representa a probabilidade de identificar corretamente idosos caidores em cada grupo. A especificidade representa a possibilidade de identificar corretamente os idosos que não apresentam quedas. A área sob a curva representa o desempenho geral do parâmetro (classificador) na análise. A pontuação varia de 0 a 1 para a sensibilidade, a especificidade e área sob a curva, sendo que quanto mais próximo de 1, melhor é o desempenho do classificador empregado (VITÓRIO, 2014). Esse tipo de análise revela todas as possibilidades de sensibilidade e especificidade entre pares que geram cortes entre o que é normal e anormal, no caso, não caidor e caidor (ENG, 2012). Dessa maneira, foi possível apontar com maior grau de acerto tais parâmetros. O valor de corte da análise ROC é aquele que apresenta melhor sensibilidade e especificidade conjuntamente. Para responder ao questionamento do estudo, foram realizadas as seguintes comparações planejadas para a fase de aproximação e de ultrapassagem do obstáculo:

- (i) grupo caidores (uma queda no ano) e grupo não caidores, independente do grupo;
- (ii) grupo caidores (uma queda no ano) e grupo não caidores, separadamente por grupo;
- (iii) grupo caidores (duas ou mais quedas no ano) e grupo não caidores, independente do grupo;
- (iv) grupo caidores (duas ou mais quedas no ano) e grupo não caidores, separadamente por grupo.

### **4.3 Resultados**

Entre os 22 pacientes com DP, 10 idosos foram classificados como caidores, sendo que 6 idosos apresentaram mais de 1 queda no período. Para os idosos neurologicamente saudáveis, entre os 21 idosos, 9 idosos foram classificados como caidores, sendo que 4 idosos apresentaram mais de uma queda no período. Não houve diferença significativa entre os grupos para idade, altura, massa corporal (Tabela 1). Também não houve diferença significativa para estadiamento da doença entre o grupo com DP de caidores e grupo DP de não caidores. Os idosos caidores do grupo DP apresentaram maior declínio cognitivo (mas com funções cognitivas preservadas) comparado ao grupo controle de caidores ( $p < 0,01$ ).

**Tabela 1.** Médias e desvios padrão das características antropométricas e clínicas do grupo DP de caidores e não caidores e grupo controle de caidores e não caidores. UPDRS-III: Escala motora da UNIFIED PARKINSON DISEASE RATING SCALE; MEEM: Mini Exame do Estado Mental.; H&Y: Escala de Hoehn e Yahr.; \*diferença entre grupo ( $p < 0,05$ ).

	<b>Idade</b> (anos)	<b>Massa</b> (quilos)	<b>Estatura</b> (metros)	<b>MEEM</b> (pontos)	<b>UPDRS-III</b> (pontos)	<b>H&amp;Y</b> (pontos)
<b>Grupo controle de caidores</b>	69,20±6,05	64,53±10,96	1,62±0,12	29,11±1,05*	####	####
<b>Grupo controle não caidores</b>	72,12±4,52	68,74±12,00	1,57±0,07	28,41±1,16	####	####
<b>Grupo DP de caidores</b>	71,10±5,32	71,46±8,64	1,64±0,08	27,10±1,85*	25,00±8,94	2,05±0,43
<b>Grupo DP de não caidores</b>	73,10±6,72	70,4±10,38	1,63±0,08	28,18±1,48	25,54±10,43	2,00±0,50

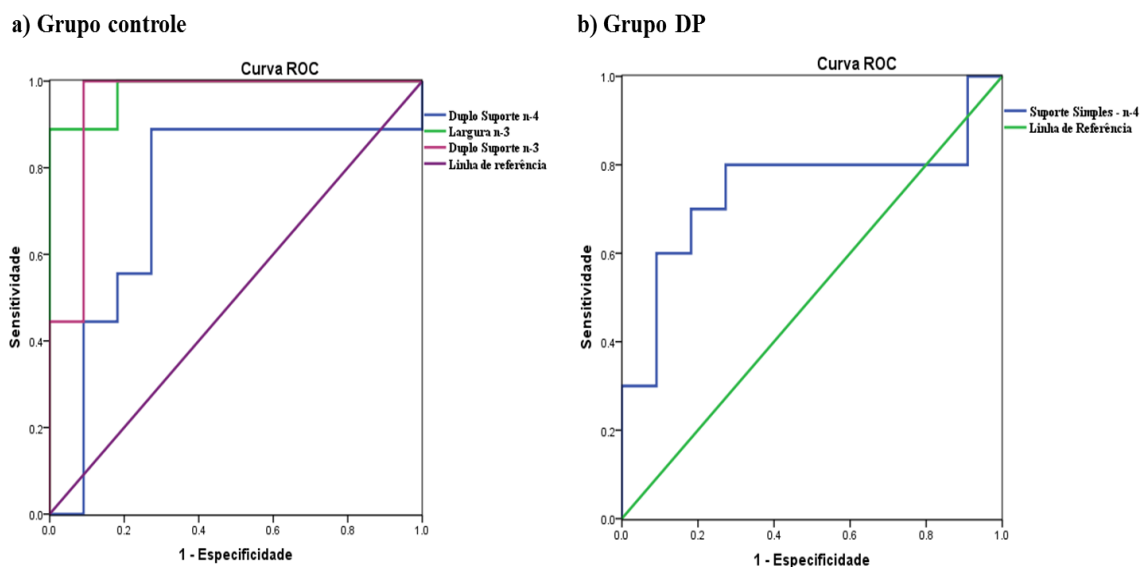
#### 4.3.1 Fase de aproximação para ultrapassagem do obstáculo

Para a variabilidade interpassos, tanto quando foram considerados como caidores os idosos que apresentaram uma queda quanto quando foram considerados como caidores os idosos que apresentaram duas quedas, independentemente do grupo, as análises ROC não foram capazes de identificar parâmetros que pudessem prever quedas.

Para a variabilidade intrapassos, quando os grupos foram analisados separadamente e com uma queda no ano para os caidores, a análise ROC indicou, para o grupo controle (Figura 3a), os seguintes preditores de quedas: variabilidade da duração do duplo suporte do passo n-4 (área sobre a curva = 0,73; sensibilidade = 0,88; especificidade = 0,72, ponto de corte = 5,69%), variabilidade da largura do passo n-3 (área sobre a curva = 0,98; sensibilidade = 0,88; especificidade = 1,00, ponto de corte = 15,13%) e variabilidade da duração do duplo suporte do passo n-3 (área sobre a curva = 0,98; sensibilidade = 1,00; especificidade = 0,90, ponto de corte = 3,46%). Para o grupo DP (Figura 3b), a variabilidade do suporte simples do passo n-4 foi indicada como

preditora de quedas (área sobre a curva = 0,75; sensibilidade = 0,80; especificidade = 0,72; ponto de corte = 2,75%).

**Figura 1.** Curvas ROC do desempenho dos classificadores do grupo controle (a) e DP (b). Os idosos caidores foram aqueles que apresentaram uma queda no período avaliado.



Na análise em que foram considerados como caidores aqueles que apresentaram 2 ou mais quedas no período, independentemente do grupos, a análise ROC identificou a variabilidade da duração do suporte simples do passo n-4 (área sob a curva = 0,72; sensibilidade = 0,75; especificidade = 0,61; ponto de corte = 3,21%) como um parâmetro preditor de queda (Tabela 2). Quando o fator grupo foi considerado, os seguintes parâmetros de variabilidade foram indicados como preditores de quedas para o grupo controle: largura do passo n-3 (área sob a curva = 0,86; sensibilidade = 1,00; especificidade = 0,91; ponto de corte = 19,66%) e duplo suporte do passo n-3 (área sob a curva = 0,90; sensibilidade = 1,00; especificidade = 0,70; ponto de corte = 4,53%). Para o grupo de idosos com DP, os classificadores que conseguiram prever quedas foram: variabilidade da duração do suporte simples do passo n-4 (área sob a curva =

0,838; sensibilidade = 1,00; especificidade = 0,63; ponto de corte = 2,75%) e variabilidade da velocidade do passo n-1 (área sob a curva = 0,77; sensibilidade = 0,80; especificidade = 0,72; ponto de corte = 5,76%).

**Tabela 2.** Valores das análises ROC sobre o desempenho de classificadores na predição de quedas independente do grupo, considerando caidor o idoso que apresentou duas ou mais quedas no período de 1 ano.

<b>Classificadores</b>	<b>p</b>	<b>S/E</b>	<b>Área sob a curva</b>	<b>Ponto de corte</b>
Comprimento n-4	0.55	0.750/0.452	0.569	4.359%
Suporte simples n-4	0.05	0.750/0.613	0.726	3.211%
Duplo suporte n-4	0.19	0.750/0.355	0.649	5.902%
Comprimento n-3	0.57	0.750/0.097	0.435	1.952%
Suporte simples n-3	0.1	0.750/0.548	0.690	1.942%
Duplo suporte n-3	0.08	1.000/0.290	0.698	4.206%
Comprimento n-2	0.83	0.625/0.323	0.476	2.678%
Suporte simples n-2	0.55	0.875/0.194	0.431	1.496%
Duplo suporte n-2	0.38	1.000/0.129	0.399	4.746%
Comprimento n-1	0.72	1.000/0.129	0.540	2.877%
Suporte simples n-1	0.53	1.000/0.774	0.573	1.570%
Duplo suporte n-1	0.21	0.875/0.581	0.645	6.270%

**S: Sensibilidade; E: Especificidade.**

#### 4.3.2 Fase de ultrapassagem do obstáculo

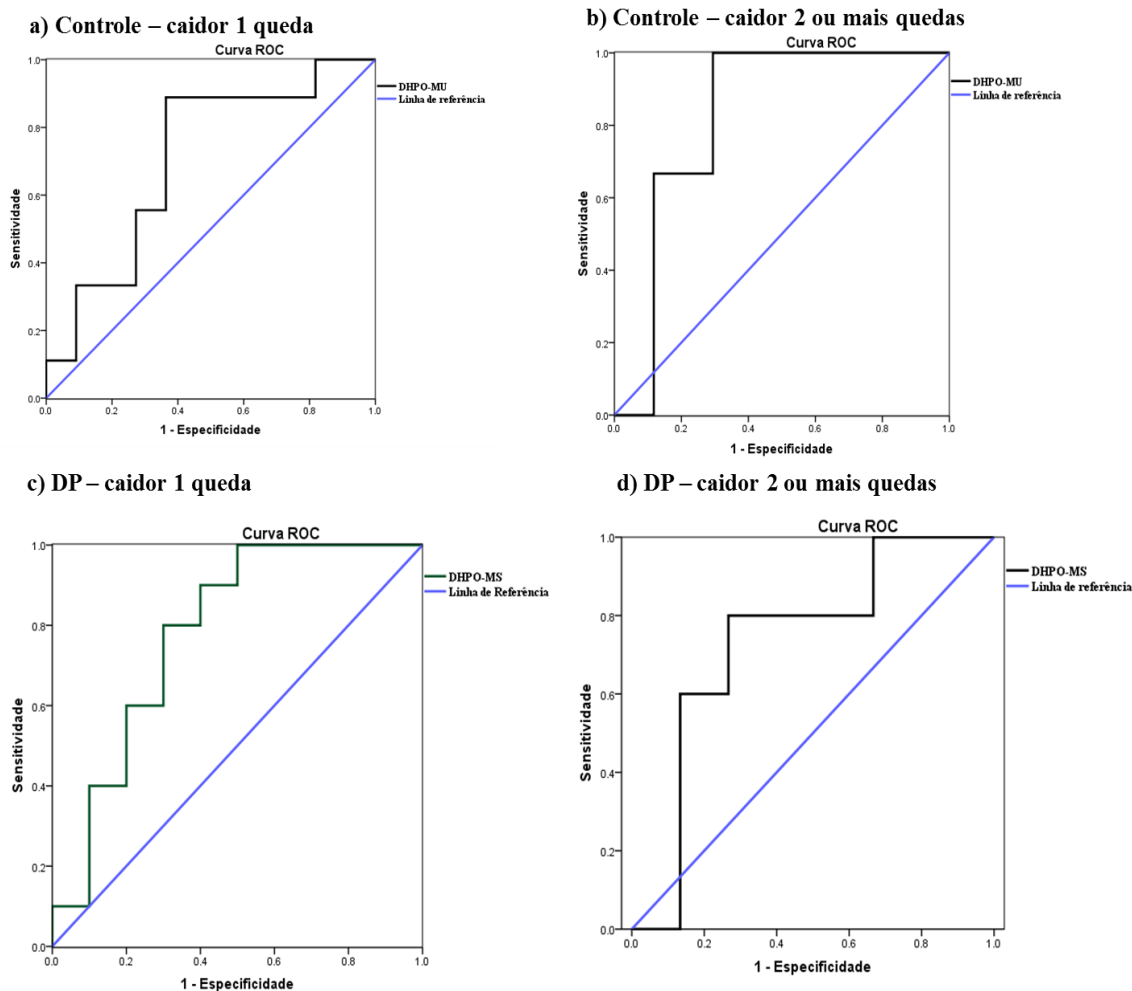
Em nenhuma das análises, os parâmetros cinéticos foram capazes de prever quedas. Ainda, independentemente do grupo e da distribuição dos idosos caidores pelo número de quedas, nenhuma das variáveis se apresentou como preditora de quedas.

Entretanto, separadamente por grupo, a análise ROC indicou alguns classificadores com desempenho bom para prever quedas.

Para o grupo controle, considerando caidor o idoso que apresentou 1 queda no período, a análise ROC indicou como classificador de quedas a variabilidade da distância horizontal do pé para o obstáculo antes da ultrapassagem do membro de abordagem (área sob a curva = 0,70; sensibilidade = 0,88; especificidade = 0,63; ponto de corte = 7,05% - Figura 6a). Quando o idoso caidor foi considerado aquele que apresentou duas ou mais quedas no período, a análise ROC indicou o mesmo classificador para quedas (área sob a curva = 0,82; sensibilidade = 1,00; especificidade = 0,70; ponto de corte = 10,20% - Figura 6b).

Para o grupo DP, considerando caidor o idoso que apresentou uma queda no período avaliado, a análise ROC apontou o classificador distância horizontal do pé para o obstáculo antes da ultrapassagem do membro de suporte como preditor de quedas (área sob a curva = 0,78; sensibilidade = 0,80; especificidade = 0,70; ponto de corte = 24,24% - Figura 6c). O mesmo resultado aconteceu quando o idoso com DP caidor foi considerado aquele que apresentou duas ou mais quedas no período (área sob a curva = 0,73; sensibilidade = 0,80; especificidade = 0,73; ponto de corte = 36,61% - Figura 6d).

**Figura 2.** Curvas ROC dos classificadores de desempenho em idosos controle e idosos com DP. Os idosos caidores foram considerados aqueles que apresentaram 1 queda no período (a e c). Para as figuras b e d, os idosos foram considerados caidores quando apresentaram 2 ou mais quedas no período. DHPO – Distância horizontal do pé para o obstáculo; MU: Membro de abordagem; MS: Membro de Suporte



#### 4.4 Discussão

O presente estudo teve como objetivo identificar parâmetros da variabilidade do andar durante ultrapassagem de obstáculo que são preditores de quedas em idosos neurologicamente saudáveis e com DP. Os principais achados do estudo são: (i) a variabilidade do andar com ultrapassagem de obstáculo está relacionada com quedas; (ii) a variabilidade da fase de aproximação é um bom preditor para quedas, especificamente os passos n-4 e n-3 e os momentos de posicionamento do pé em relação

ao obstáculo antes da ultrapassagem; (iii) os preditores de quedas relacionados à variabilidade do andar com ultrapassagem de obstáculo foram diferentes para os idosos do grupo controle e do grupo DP, ajudando a esclarecer alguns pontos para melhor diferenciação entre os caidores de cada grupo.

Diferentes parâmetros da variabilidade do andar com ultrapassagem de obstáculo são preditores de quedas de idosos neurologicamente saudáveis e idosos com DP. Os classificadores do grupo DP revelaram que as quedas estão relacionadas com a variabilidade da fase instável do andar (suporte simples). Para o grupo controle, os classificadores estão relacionados com as quedas em momentos mais estáveis do andar (duração do duplo suporte e largura do passo). Desta forma, este achado indica que o estudo de preditores de quedas deve ser realizado separadamente para idosos neurologicamente saudáveis e idosos com DP. Provavelmente, as características da DP, como bradicinesia, instabilidade postural, hipometria e a dificuldade de processar informações do ambiente (ROCHESTER et al., 2008; VITÓRIO et al., 2010, BARBIERI et al., 2011; ALMEIDA et al., 2005) influenciam a variabilidade do comportamento motor durante a ultrapassagem do obstáculo, causando diferenças para a predição de quedas entre os grupos. A diminuição no controle do equilíbrio em idosos com DP (TAKAKUSAKI et al., 2000) estão intimamente ligadas à ocorrência de quedas nesta população. Quando é preciso ficar em base instável (suporte simples), o idoso com DP caidor apresenta maior variabilidade que seu par não caidor, revelando a falta de controle nesta situação e aumentando a chance de cair. Já o grupo controle, pelas alterações nos sistemas muscular e nervoso inerentes ao processo de envelhecimento (KANG, DINGWELL, 2008), apresenta alterações na busca por estabilidade (largura). Apesar do controle do equilíbrio não estar afetado pela doença, o idoso controle caidor apresenta dificuldade em manter uma largura estável na fase de

preparação da ultrapassagem, aumentando a variabilidade e a chance de realizar o movimento de maneira errada (tropeço/queda).

Considerar idosos caidores com quedas recorrentes (no mínimo duas quedas em um ano) é mais acurado para predizer quedas. Apesar do delineamento inicial do estudo considerar o idoso caidor como aquele que apresentou apenas uma queda no período de um ano (KERR et al., 2010), as análises ROC indicaram classificadores mais consistentes quando mais de uma queda foi considerada. Considerar como caidor a pessoa que teve apenas uma queda pode limitar a análise, uma vez que essa ocorrência pode ter sido aleatória (não ser uma característica do idoso, mas um “acidente”). Quando a ocorrência de quedas se torna recorrente, a característica de caidor fica fortalecida no indivíduo, evidenciando o comportamento motor, no caso deste estudo relacionado à maior variabilidade do comportamento do andar, que caracteriza um caidor. Com isso, a variabilidade dos parâmetros do andar durante a ultrapassagem de obstáculo parecer ser mais acentuada em idosos com mais de uma queda (WEISS et al., 2015; HAUSDORFF et al., 2001; NAKAMURA et al., 1996), fornecendo respostas mais claras para esse tipo de análise.

Quedas podem ser preditas a até quatro passos de distância para o obstáculo (n-4 e n-3). Ambos os grupos apresentaram bons classificadores para predizer quedas nos passos mais distantes ao obstáculo. A preparação da ultrapassagem ocorre, aproximadamente, 4 passos antes do obstáculo (PATLA, GREIG, 2006; MIYASIKE-DASILVA, 2012) e parece estar diretamente relacionada com quedas. Entretanto, as alterações que os idosos fazem para chegar ao obstáculo de maneira segura estão comprometidas em idosos caidores. Além disso, a presença do obstáculo parece desviar a atenção do controle postural, ao contrário do que acontece em situações sem obstáculos (PIERUCCINI-FARIA et al., 2015). Ao encarar duas tarefas que demandam

atenção, ocorre uma competição entre as fontes dessa atenção e outra no cérebro, a fim de decidir para qual tarefa a atenção deve ser direcionada (YOGEV-SELIGMANN et al., 2012). Desse modo, o processamento de duas tarefas ao mesmo tempo parece estar comprometido em idosos caidores, tendo dificuldade em adotar a estratégia de *posture-first* (YOGEV-SELIGMANN et al., 2012), aumentando a variabilidade na fase de aproximação. Entretanto, a predição nesta fase do andar pode ser interessante para o caidor, uma vez que existe a possibilidade de ajustar o andar antes da ultrapassagem do obstáculo para que não ocorra queda, o que poderia tornar o andar mais consistente (menos variável).

As distâncias horizontais do pé para o obstáculo são bons classificadores para prever quedas. A distância do pé para o obstáculo, seja do membro de abordagem (grupo controle) ou do membro de suporte (grupo DP) forneceram bons classificadores para prever idosos caidores. Um terço das quedas estão relacionados com tropeços em obstáculo (STOLZE et al., 2004), assim, o posicionamento do pé é um ponto fundamental para que uma distância segura seja mantida do obstáculo, evitando o contato e, conseqüentemente, a queda. A maior variabilidade neste parâmetro dos idosos caidores indica a dificuldade em lidar com esse tipo de ambiente e favorecer o contato com o obstáculo, aumentando a chance de tropeço. A primeira razão para que não haja sucesso na ultrapassagem do obstáculo é o posicionamento errado do pé antes da ultrapassagem (PATLA; GREIG, 2005). Dessa forma, sugere-se que o posicionamento do pé para a ultrapassagem do obstáculo antes da ultrapassagem seja mantida, desde que a distância utilizada seja suficiente para que a ultrapassagem do obstáculo seja realizada de maneira segura.

Os resultados revelaram importantes contribuições para o entendimento das quedas, entretanto alguns fatores devem ser levados em consideração. O número de

idosos que apresentaram duas ou mais quedas no período é pequeno, podendo revelar algum erro estatístico do tipo 1 (a alta variabilidade do grupo pode não ser a característica geral da população e sim do grupo do estudo). Ainda, apesar de nosso estudo anterior revelar o obstáculo baixo como o que provocou alterações na variabilidade de maneira mais acentuada, outras alturas também devem ser testadas em futuros estudos para que as quedas sejam mais bem entendidas.

#### **4.5 Conclusão**

Como forma de responder o questionamento inicial (Quais parâmetros espaço-temporais e cinéticos – variabilidade – são preditores de quedas durante o andar com ultrapassagem de obstáculo em idosos neurologicamente saudáveis e com DP?), pode-se concluir que os parâmetros da variabilidade do andar com ultrapassagem de obstáculo para prever quedas de idosos neurologicamente saudáveis e idosos com DP são diferentes. Para idosos com DP a variabilidade do suporte simples durante a fase de aproximação é um bom preditor de quedas. Enquanto que a variabilidade da duração do duplo suporte e a largura do passo são bons preditores de quedas para idosos neurologicamente saudáveis. Ainda, a variabilidade dos passos mais distantes do obstáculo (n-4 e n-3) foram melhores classificadores de quedas. Finalmente, considerar idosos caídores com quedas recorrentes no período de um ano fornece respostas mais consistentes para a predição de quedas através da variabilidade dos parâmetros do andar com ultrapassagem do obstáculo.

#### 4.6 Referências bibliográficas

- ALMEIDA, Q.J.; FRANK, J.S.; ROY, E.A.; JENKINS, M.E.; SPAULDING,S.; PATLA, A. E.; JOG, M.S.. An evaluation of sensorimotor integration during locomotion toward a target in Parkinson's disease. **Neuroscience**, v.134, n.1, p.283-293, 2005.
- BARBIERI, F.A; RINALDI, N.M.; SANTOS, P.C.; LIRANI-SILVA, E.; VITÓRIO,R.; TEIXEIRA-ARROYO,C.; STELLA, F.; GOBBI, L.T.; PROPARKI Group. Functional capacity of Brazilian patients with Parkinson's disease (PD): relationship between clinical characteristics and disease severity. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v.54, n.2, p.e83-88, 2011.
- CAMICIOLI, R.; BOUCHARD, T.; LICIS, L. Dual-tasks and walking fast: Relationship to extra-pyramidal signs in advanced Alzheimer disease. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 248, n. 1-2, p. 205-209, 2006.
- ENG, J. Teaching Receiver Operating Characteristic Analysis: An Interactive Laboratory Exercise. **Academic Radiology**. v. 19, p. 1452-1456, 2012.
- PEREIRA, C.L.; BAPTISTA, F.; INFANTE, P. Role of physical activity in the occurrence of falls and fall-related injuries in community-dwelling adults over 50 years old. **Disability Rehabilitation**. 2013.
- FAHN, S.; ELTON, R. L. MEMBERS OF THE UPDRS DEVELOPMENT COMITEE. Unified Parkinson's disease rating scale. (1987). In: Fahn, S.; Marsden, C.D., Calne, D. & Goldstein, M (Ed.). **Recent developments in Parkinson's Disease**, Florham Park, NJ: MacMillan Health Care Information, v.2, p.153-163, 1987.
- GALNA B, et al. Obstacle crossing in Parkinson's disease: Mediolateral sway of the centre of mass during level-ground walking and obstacle crossing. **Gait and Posture**, (2013), <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.03.024>
- GOBBI, L.T.B.; CANDIDO, R.P. ; MENCHI,M.R.T.P.; KLEINER, A.F.R. obstacle stepping and body scale modulating parameters. **Perceptual and Motor Skills**. v. 109, p. 441-451, 2009.
- GOETZ, C. G et al. Movement Disorder Society Task Force Report on the Hoehn and Yahr Staging Scale: Status and Recommendations. **Movement Disorders**. v. 19 n.9, p. 1020-1028, 2004.

- GOLDBERGER, A. L., AMARAL, L.A.N.; HAUSDORFF, J.M.; IVANOV, P.C.; PENG, C.K. STANLEY H.E. Fractal dynamics in physiology: Alterations with disease and aging. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. v. 99, p. 2466-2472, 2002.
- GRIFFIN, L.; WEST, D.J.; WEST, B.J. Random stride intervals with memory. **Journal of Biological Physics**, v. 26, p. 185-202, 2000.
- HOEHN, M.M.; YAHR, M.D. Parkinsonism: onset, progression and mortality. **Neurology**. v. 17, n. 5, p. 427-442, 1967.
- HAUSDORFF, J.M.; PURDON, P.L.; PENG, C.K.; LADIN, Z.; WEI, J.Y.; GOLDBERGER, A.L. Fractal dynamics of human gait: stability of long-range correlations in stride interval fluctuations. **Journal of Applied Physiology**. v. 80, p.1448-1457, 1996.
- HAUSDORFF, J.M.; RIOS, D.A. EDELBERG, H.K. Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. **Archives of Physical Medicine Rehabilitation**. v. 82, p. 1050-1056, 2001.
- HAUSDORFF, J.M. Gait variability: methods, modeling and meaning. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**. v. 2, n. 19, p. 1-9, 2005.
- KANG, H.G.; DINGWELL, J.B. Separating the effects of age and walking speed on gait variability. **Gait and Posture**. 27: 572-7, 2008.
- KERR, G.K.; WORRINGHAM, C.J.; COLE, M.H.; LACHEREZ, P.F.; WOOD, J.M.; SILBURN, P.A. Predictors of future falls in Parkinson disease. **Neurology**. v. 75, p. 116-124,2010.
- BRUCKI, S.M.; NITRINI, R.; CARAMELLI, P.; BERTOLUCCI, P.H.; IVAN, H.; OKAMOTO, I.H. Sugestões para o Uso do Mini Exame do Estado Mental no Brasil. [Suggestions for utilization of the Mini-Mental state examination in Brazil]. **Arquivos de Neuropsiquiatria**. v. 61, n. 3-B, p. 777-781, 2003.
- MIYASIKE-DASILVA, V.; MCILROY, W.E. Does It Really Matter Where You Look When Walking on Stairs? Insights from a Dual-Task Study. **PLoS ONE**, v. 7, n. 9, 2012.

- MORAES, R.; ALLARD, F.; PATLA, A.E. Validating determinants for an alternate foot placement selection algorithm during human locomotion in cluttered terrain. **Journal of Neurophysiology**. v. 98, n. 4, p.1928-1940, 2007.
- NAKAMURA, T. et al. Relationship between falls and stride length variability in senile dementia of the Alzheimer type. **Gerontology**, v. 42, n. 2, p. 108-113, 1996.
- PATLA, A.E. Understanding the roles of vision in the control of human locomotion. **Gait and Posture**. v.5, n.1, p. 54–69, 1997.
- PATLA, A.E.; VICKERS, J.N. How far ahead do we look when required to step on specific locations in the travel path during locomotion? **Experimental Brain Research**, v.148, p.133-138, 2003.
- PATLA, A. E.; GREIG, M. Any way you look at it, successful obstacle negotiation needs visually guided on-line foot placement regulation during the approach phase. *Neurosci Lett*, v. 397, n. 1-2, p. 110-4, Apr 10-17 2006.;
- PIERUCCINI-FARIA, F. et al. Evaluating the acute contributions of dopaminergic replacement to gait with obstacles in Parkinson's disease. *J Mot Behav*, v. 45, n. 5, p. 369-80, 2013
- PIERUCCINI-FARIA,F.; MARTENS, K.A.E.; SILVEIRA, C.R.A.; JONES, J.A.; ALMEIDA, Q.J. Interactions between cognitive and sensory load while planning and controlling complex gait adaptations in Parkinson's disease. **BMC Neurology**. v.14, p.1-12, 2015.
- PRATI, R.C.; BATISTA, G.E.A.P.A.; MONARD, M.C. Curvas ROC para avaliação de classificadores. **IEEE Latin America Transactions**. v. 6, n. 2, p.215-222, 2008.
- ROCHESTER, L. et al. Walking speed during single and dual tasks in Parkinson's disease: which characteristics are important? **Movement Disorders**, v. 23, n. 16, p. 2312-8, 2008.
- SCHAAFSMA, J.D.; GILADI, N.; BALASH, Y.; BARTELS, A.L.; GUREVICH, T.; HAUSDORFF, J.M. Gait dynamics in Parkinson's disease: relationship to Parkinsonian features, falls and response to levodopa. **Journal of the Neurological Sciences**, v.212, p.47-53, 2003

- SIMIÉLI, L. et al. Obstacle crossing with dual tasking is a danger for individuals with Alzheimer's disease and for healthy older people. **J Alzheimers Dis**, v. 43, n. 2, p. 435-41, 2015.
- STOLZE, H. et al. Falls in frequent neurological diseases--prevalence, risk factors and aetiology. *J Neurol*, v. 251, n. 1, p. 79-84, 2004.
- TAKAKUSAKI, K.; TOMITA, N.; YANO, M. Substrates for normal gait and pathophysiology of gait disturbances with respect to the basal ganglia dysfunction. **Journal of Neurology**, v.255, n.4, p.19-29, 2008.
- VITÓRIO, R.; PIERUCCINI-FARIA, F.; STELLA, F.; GOBBI, S. GOBBI, L.T.B. Effects of obstacle height on obstacle crossing in mild Parkinson's disease. **Gait and Posture**. v. 31, p.143–146, 2010.
- VITÓRIO,R.; LIRANI-SILVA, E.; BAPTISTA, A.M.; BARBIERI, F.A.; SANTOS, P.C.R.; TEIXEIRA-ARROYO, C.; GOBBI, L.T.B.; Disease severity affects obstacle crossing in people with Parkinson's disease. **Gait Posture**. v.40, p. 266-269, 2014.
- VOORRIPS, L.E. et al. A physical activity questionnaire for the elderly. **Medicine, Science in Sports, Exercise**. v. 23, n. 8, p. 974-979, 1991.
- WEISS, A.; HERMAN, T.; GILADI, N.; HAUSDORFF, J.M. Objective Assessment of Fall Risk in Parkinson's Disease Using a Body-Fixed Sensor Worn for 3 Days. **PLoS ONE**. v. 9, n. 5, 2014.
- YOGEV-SELIGMANN, G.; HAUSDORFF, J. M.; GILADI, N. Do we always prioritize balance when walking? Towards an integrated model of task prioritization. **Movement Disorders**, v. 27, n. 6, p. 765-770, 2012.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os achados desta dissertação contribuem para o avanço científico da área em que faz parte e podem auxiliar no entendimento de uma questão muito presente no dia-a-dia da população idosa: a queda. Dessa maneira, as implicações práticas dos resultados principais e os direcionamentos para estudos futuros estão destacados a seguir. Atenção especial é dedicada à possibilidade da utilização de testes em ambientes clínicos que ajudem a identificar possíveis caidores através da ultrapassagem de obstáculos.

A presente dissertação evidenciou que a ultrapassagem de obstáculos baixos é mais complexa do que o esperado. Apesar de bem evidenciado na literatura que a presença de obstáculos é desafiadora para pacientes com DP, pouco se sabia sobre qual altura provoca alterações mais acentuadas, principalmente relacionadas com a variabilidade dos parâmetros do andar. Assim, torna-se mais claro que esse tipo de obstáculo é perigoso e deve ser evitado em ambientes onde os idosos (principalmente com DP) vivem, prevenindo situações de risco. O desafio para estudos futuros está em investigar se o treinamento para ultrapassar esse tipo de obstáculo é capaz de reduzir a variabilidade, uma vez que ela está intimamente ligada com a ocorrência de quedas.

O comportamento locomotor na fase de aproximação é capaz de prever idosos caidores. Apesar da ultrapassagem ser o momento mais investigado na literatura, a fase de aproximação revelou aspectos importantes para o entendimento das quedas. Considerar os 4 passos anteriores a ultrapassagem é eficaz para identificar parâmetros que estão intimamente relacionados com as quedas. Para estudos futuros, é importante a investigação com outras alturas de obstáculos, principalmente obstáculos altos, considerando que também são capazes de provocar maior planejamento e aumentar a variabilidade dos parâmetros do andar em idosos.

Para a aplicação prática dos achados do estudo, medições simples dos parâmetros podem fornecer respostas importantes para auxiliar no diagnóstico dos pacientes caidores. Por meio dos valores de corte indicados pelas análises ROC, o avaliador é capaz de obter, com uma filmagem simples e um cronômetro, os principais parâmetros analisados e relacionados com quedas do presente estudo. Apesar de medidas mais acuradas serem realizadas com equipamentos mais sofisticados e que não estão presentes na maioria das clínicas, por meio dos equipamentos citados anteriormente é possível especular com alto grau de acerto se o idoso tem potencial para ser ou não caidor e, conseqüentemente, estabelecer recomendações a serem aplicadas em intervenções específicas para a DP. As principais intervenções devem estar relacionadas a programas de exercícios que incluam a ultrapassagem de diversas alturas de obstáculos e que haja reforço dos profissionais que os estão ministrando, para diminuir a variabilidade nos parâmetros principais revelados por essa dissertação.

## ANEXO 1 – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
DE RIO CLARO/  
UNIVERSIDADE ESTADUAL



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Variabilidade no andar com ultrapassagem de obstáculo de idosos com Doença de Parkinson

**Pesquisador:** Lucas Simieli

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 22719413.0.0000.5465

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 580.665

**Data da Relatoria:** 28/12/2014

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de uma pesquisa de mestrado que será desenvolvida pelo aluno Lucas Simieli, sob a orientação da Profa. Dra. Lillian Gobbi. O projeto tem como temática a variabilidade do andar de idosos com Doença de Parkinson.

#### Objetivo da Pesquisa:

O objetivo do estudo é "avaliar a variabilidade dos parâmetros do andar em diferentes alturas de obstáculos em idosos com DP e idosos neurologicamente saudáveis. A hipótese do estudo é que a variabilidade dos parâmetros do andar seja aumentada de acordo com o aumento da altura do obstáculo para ambos os grupos".

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Os participantes da pesquisa estarão sujeitos a risco de quedas. Para minimizar tais riscos os mesmos estarão sempre acompanhados dos cuidadores e da equipe de pesquisadores. Além disso, em caso de acidente, serão prestados os primeiros socorros e, se for o caso, o participante será encaminhado ao serviço público de saúde e as eventuais despesas decorrentes do atendimento serão cobertas pelos pesquisadores.

Endereço: Av.24-A n.º 1515  
Bairro: Bela Vista CEP: 13.506-900  
UF: SP Município: RIO CLARO  
Telefone: (19)3526-9678 Fax: (19)3534-0009 E-mail: staib@rc.unesp.br

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
DE RIO CLARO/  
UNIVERSIDADE ESTADUAL



Continuação do Parecer: 580.665

**Benefícios:** O estudo colaborará para o entendimento do efeito da Doença de Parkinson sobre a locomoção em ambientes com obstáculos e na ultrapassagem, além de ajudar a entender a variabilidade dos parâmetros espaciais e temporais do andar, que é considerada um parâmetro importante na predição de quedas em idosos.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

"Participarão do estudo 78 idosos (39 idosos com DP e 39 idosos neurologicamente saudáveis). Serão delineados dois estudos. Participarão do estudo 1, 30 idosos divididos em dois grupos (pacientes com DP e neurologicamente saudáveis). No estudo 2, participarão 48 idosos, divididos em 4 grupos (idosos saudáveis não caídores, idosos saudáveis caídores, pacientes com DP não caídores e pacientes com DP caídores). Todos os participantes serão avaliados cognitivamente (Mini-Exame do Estado Mental) para exclusão de qualquer comprometimento que possa interferir na tarefa. Além disso, os pacientes com DP serão avaliados por questionários específicos para doença de Parkinson para determinação do estágio da doença (UPDRS, Escala de Hoehn e Yahr). Os pacientes com DP serão avaliados no estado "ON" da medicação por corresponder a situação mais próxima do dia a dia desses idosos. A tarefa consistirá em percorrer andando em velocidade preferida uma passarela de 8 metros de comprimento. O obstáculo de espuma estará posicionado no centro da passarela nas condições do andar adaptativo. As alturas serão personalizadas de acordo com cada participante.

Para a avaliação do andar, primeiramente, serão coletados dados antropométricos para caracterizar a amostra, e para o cálculo de variáveis cinéticas. Na realização da tarefa do andar, o idoso deverá percorrer andando uma distância retilínea de 10 m sobre uma passarela com 0,79 m de largura. A instrução dada ao idoso será de realizar a tarefa de andar na sua velocidade preferida até o final da passarela. Ainda, no caso das tentativas com obstáculo, o idoso será instruído a ultrapassar o obstáculo, evitando o contato, e continuar andando até o final da passarela. Duas plataformas de força serão posicionadas transversalmente na área central da passarela, separadas por 20 cm, a fim de registrar as forças de reação do solo durante a execução do andar. Nas tentativas com obstáculo, este será posicionado transversalmente entre as plataformas. O obstáculo será de espuma (3 cm de comprimento e 60 cm de largura) com diferentes alturas personalizadas de acordo com o participante. O fato do obstáculo ser de espuma diminui o risco de acidentes durante a realização da tarefa. Ainda, o obstáculo será altamente contrastante com o ambiente, para facilitar sua identificação. O ponto de início da tarefa será ajustado pelo

Endereço: Av.24-A n.º 1515  
Bairro: Bela Vista CEP: 13.506-900  
UF: SP Município: RIO CLARO  
Telefone: (19)3526-9678 Fax: (19)3534-0009 E-mail: staib@rc.unesp.br

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
DE RIO CLARO/  
UNIVERSIDADE ESTADUAL



Continuação do Parecer: 580.665

**Benefícios:** O estudo colaborará para o entendimento do efeito da Doença de Parkinson sobre a locomoção em ambientes com obstáculos e na ultrapassagem, além de ajudar a entender a variabilidade dos parâmetros espaciais e temporais do andar, que é considerada um parâmetro importante na predição de quedas em idosos.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

"Participarão do estudo 78 idosos (39 idosos com DP e 39 idosos neurologicamente sadios). Serão delineados dois estudos. Participarão do estudo 1, 30 idosos divididos em dois grupos (pacientes com DP e neurologicamente sadios). No estudo 2, participarão 48 idosos, divididos em 4 grupos (idosos sadios não caidores, idosos sadios caidores, pacientes com DP não caidores e pacientes com DP caidores). Todos os participantes serão avaliados cognitivamente (Mini-Exame do Estado Mental) para exclusão de qualquer comprometimento que possa interferir na tarefa. Além disso, os pacientes com DP serão avaliados por questionários específicos para doença de Parkinson para determinação do estágio da doença (UPDRS, Escala de Hoehn e Yahr). Os pacientes com DP serão avaliados no estado "ON" da medicação por corresponder a situação mais próxima do dia a dia desses idosos. A tarefa consistirá em percorrer andando em velocidade preferida uma passarela de 8 metros de comprimento. O obstáculo de espuma estará posicionado no centro da passarela nas condições do andar adaptativo. As alturas serão personalizadas de acordo com cada participante.

Para a avaliação do andar, primeiramente, serão coletados dados antropométricos para caracterizar a amostra, e para o cálculo de variáveis cinéticas. Na realização da tarefa do andar, o idoso deverá percorrer andando uma distância retilínea de 10 m sobre uma passarela com 0,79 m de largura. A instrução dada ao idoso será de realizar a tarefa de andar na sua velocidade preferida até o final da passarela. Ainda, no caso das tentativas com obstáculo, o idoso será instruído a ultrapassar o obstáculo, evitando o contato, e continuar andando até o final da passarela. Duas plataformas de força serão posicionadas transversalmente na área central da passarela, separadas por 20 cm, a fim de registrar as forças de reação do solo durante a execução do andar. Nas tentativas com obstáculo, este será posicionado transversalmente entre as plataformas. O obstáculo será de espuma (3 cm de comprimento e 60 cm de largura) com diferentes alturas personalizadas de acordo com o participante. O fato do obstáculo ser de espuma diminui o risco de acidentes durante a realização da tarefa. Ainda, o obstáculo será altamente contrastante com o ambiente, para facilitar sua identificação. O ponto de início da tarefa será ajustado pelo

**Endereço:** Av.24-A n.º 1515

**Bairro:** Bela Vista

**CEP:** 13.506-900

**UF:** SP

**Município:** RIO CLARO

**Telefone:** (19)3526-9678

**Fax:** (19)3534-0009

**E-mail:** staib@rc.unesp.br

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
DE RIO CLARO/  
UNIVERSIDADE ESTAUAL



Continuação do Parecer: 580.665

experimentador de forma a garantir a ultrapassagem do obstáculo confortavelmente com o membro inferior direito. Ainda, para efeito de segurança, um avaliador acompanhará o participante durante a execução da tarefa em todas as tentativas. No Estudo 1, cada idosos realizará 10 tentativas para cada uma das 4 condições propostas no estudo (andar sem ultrapassagem de obstáculo, andar com ultrapassagem de obstáculo baixo (altura do tornozelo de cada participante), andar com ultrapassagem de obstáculo intermediário (metade da soma da altura do obstáculo baixo com a altura do obstáculo alto) e andar com ultrapassagem de obstáculo alto (metade da altura do joelho). No Estudo 2, cada participantes realizará 10 tentativas para cada condições (andar sem obstáculo e andar com obstáculo).

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Tendo em vista que as recomendações foram totalmente atendidas, o protocolo encontra-se em condições de ser aprovado pelo CEP-IB/UNESP-CRC.

**Recomendações:**

Não há.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Aprovado.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Endereço:** Av.24-A n.º 1515

**Bairro:** Bela Vista

**CEP:** 13.506-900

**UF:** SP

**Município:** RIO CLARO

**Telefone:** (19)3526-9678

**Fax:** (19)3534-0009

**E-mail:** staib@rc.unesp.br

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
DE RIO CLARO/  
UNIVERSIDADE ESTADUAL



Continuação do Parecer: 580.665

RIO CLARO, 04 de Abril de 2014

---

**Assinador por:**  
**Rosa Maria Feiteiro Cavalari**  
**(Coordenador)**

**ANEXO 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO****IB/UNESP/Rio Claro****(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/12)**

Eu, Prof. Lucas Simieli, RG: 46.530.292-0; CPF: 384.125.468-30, convido Vossa Senhoria a participar de uma pesquisa referente à dissertação de mestrado intitulada “Variabilidade no andar com ultrapassagem de obstáculo de idosos com Doença de Parkinson”, que tem como membros participantes da equipe de pesquisa a Profa. Dra. Lilian Teresa Bucken Gobbi, Prof. Dr. Fabio Augusto Barbieri, Prof. Msdo. Diego Orcioli da Silva e como médico responsável o Prof. Dr. Florindo Stella a realizar-se no Instituto de Biociências da UNESP/RC, no Departamento Educação Física – LEPLO – Laboratório de Estudos da Postura e Locomoção, endereço: Av. 24-A, 1515, Bela Vista, CEP:13506-900 Fone: (19) 3526-4320 Fax: (19) 3526-4321.

O objetivo deste estudo será analisar a variabilidade do andar com obstáculo de diferentes alturas em indivíduos com Doença de Parkinson e idosos neurologicamente saudáveis. Nós sabemos que essa doença pode alterar os padrões da marcha e que devido aos comprometimentos acarretados pela doença, existe a maior chance de ocorrer quedas e um aumento na variabilidade da marcha desses indivíduos, tornando importante o entendimento da locomoção em ambientes comuns do dia-a-dia, como a ultrapassagem de obstáculos. Além disso, estamos interessados em melhor entender os mecanismos que podem acarretar em quedas na população idosa com a doença de Parkinson e idosos neurologicamente saudáveis. Também sabemos que idosos que caem com frequência apresentam padrões diferentes do andar quando comparados a idosos que não caem. Dessa forma, a identificação desses padrões poderá fornecer respostas para auxiliar a entender o complexo mecanismo das quedas. Para melhor entendermos esses mecanismos, Vossa Senhoria está sendo convidada a participar do seguinte plano de atividades:

**1º dia** - a) Anamnese completa sobre doenças, lesões, medicamentos em uso, tempo com DP, número de quedas, entre outras informações relevantes para verificar a ausência dos critérios de exclusão. Este procedimento será realizado juntamente com o cuidador do participante; Avaliação cognitiva e clínica do paciente (para idoso com DP), a ser realizada por neuropsiquiatra experiente e membro da equipe (Dr. Florindo

Stella), para caracterização da amostra e do grau de acometimento dos pacientes, através de uma bateria de exames específicos.

b) Realização da tarefa do andar com ultrapassagem de obstáculos de diferentes alturas para aquisição das variáveis de interesse.

As duas etapas serão realizadas em um único dia, desta forma, Vossa Senhoria deverá comparecer em um único dia no LEPLO – Laboratório de Estudos da Postura e Locomoção, localizado no Instituto de Biociências da UNESP/RC, no Departamento Educação Física. Todas as tarefas serão registradas em um aparelho específico para análise do andar e, para isto, será necessário vestir uma calça de lycra com uma camiseta, para que possamos fixar alguns objetos (emissores de infravermelho) sobre a roupa. Isto servirá para medir seu movimento com mais precisão. Sua participação não deverá exceder 60 minutos de duração.

Todos os procedimentos serão realizados pelo mesmo grupo de pessoas. Apesar de estas atividades possuírem um alto grau de segurança, é necessário ressaltar que há algum risco de queda ou de desconforto, mas nossa equipe estará sempre com você para qualquer problema. Os cuidadores dos idosos poderão permanecer dentro da sala durante a coleta de dados. Os resultados deste estudo poderão servir para auxiliar no deslocamento diário e entendimento da doença de Parkinson nos padrões da marcha e como o obstáculo pode influencia-la. Além de permitir que sejam criadas sessões de treinamentos que possam auxiliar nas possíveis dificuldades que serão encontradas, a fim de diminuir os desequilíbrios e, conseqüentemente, as quedas.

Vossa Senhoria poderá esclarecer qualquer dúvida a respeito do estudo e dos procedimentos acima descritos, pois teremos a obrigação de respondê-las a qualquer momento. Vossa Senhoria terá plena liberdade para recusar a participação no estudo ou abandoná-lo a qualquer momento sem qualquer penalidade. Além disso, não haverá remuneração, bem como gastos e/ou prejuízos financeiros.

Para um maior controle deste estudo, Vossa Senhoria receberá um código, o que assegurará que a sua identidade e dados coletados se mantenham confidenciais. Todos os resultados do estudo serão usados, única e exclusivamente, para fins de ensino e pesquisa e todas as informações pessoais serão mantidas em sigilo. Vossa Senhoria terá a liberdade de solicitar, a qualquer momento, informações sobre os resultados das tarefas realizadas.

Se Vossa Senhoria se sentir suficientemente esclarecido sobre essa pesquisa, seus objetivos, eventuais riscos e benefícios, convido-o(a) a assinar este Termo,

elaborado em duas vias, sendo que uma ficará com Vossa Senhoria e outra com o pesquisador.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Assinatura do participante \_\_\_\_\_

Assinatura do pesquisador:

Prof. Msdo. Lucas Simieli \_\_\_\_\_

Telefone: (19) 9-9186-6284

Nome do participante: \_\_\_\_\_

Documento de Identidade no. \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_

Data de Nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Bairro: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_

CEP: \_\_\_\_\_ Fone: (\_\_\_\_\_) \_\_\_\_\_

Código do participante: \_\_\_\_\_