



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

CAROLINE DE CÁSSIA BATISTA DE SOUZA

**ANÁLISE DA CAMINHADA DENTRO D'ÁGUA EM PESSOAS COM DOENÇA DE
PARKINSON: um estudo com acelerometria**

Recife

2019

CAROLINE DE CÁSSIA BATISTA DE SOUZA

**ANÁLISE DA CAMINHADA DENTRO D'ÁGUA EM PESSOAS COM DOENÇA DE
PARKINSON: um estudo com acelerometria**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia Biomédica.

Área de concentração: Bioengenharia.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues.

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Maria das Graças Wanderley de Sales Coriolano.

Recife

2019

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

S729a Souza, Caroline de Cássia Batista de.
Análise da caminhada dentro d'água em pessoas com doença de Parkinson: um estudo com acelerometria / Caroline de Cássia Batista de Souza. – 2019.
77 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues.
Coorientadora: Profa. Dra. Maria das Graças Wanderley de Sales Coriolano.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, 2019.
Inclui Referências, Apêndices e Anexos.

1. Engenharia Biomédica. 2. Fisioterapia aquática. 3. Hidroterapia. 4. Acelerometria. 5. Doença de Parkinson. 6. Marcha. I. Rodrigues, Marco Aurélio Benedetti (Orientador). II. Coriolano, Maria das Graças Wanderley de Sales (Coorientadora). III. Título.

UFPE

610.28 CDD (22. ed.)

BCTG/2020-39

CAROLINE DE CÁSSIA BATISTA DE SOUZA

**ANÁLISE DA CAMINHADA DENTRO D'ÁGUA EM PESSOAS COM DOENÇA DE
PARKINSON: um estudo com acelerometria**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia Biomédica.

Aprovada em: 28/06/2019

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti Rodrigues (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dra. Maria das Graças Wanderley de Sales Coriolano (Coorientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dra. Patricia Silva Lessa (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dra. Valeria Conceição Passos de Carvalho (Examinador Externo)
Universidade Católica de Pernambuco

Dedico este trabalho ao meu pai, Antônio Batista de Souza Neto (*in memoriam*).

Em 2011, meu pai foi diagnosticado com Doença de Parkinson aos 50 anos de idade. Na época, eu já era formada em Fisioterapia e ele se tornou meu paciente. Passei a estudar mais sobre Parkinson na intenção de ajudá-lo no que fosse possível. Esse mestrado era um sonho nosso. Esse trabalho era um sonho nosso. Durante a fase de desenvolvimento do instrumento, ele se colocou à disposição para que os testes fossem realizados nele e sempre demonstrou alegria e satisfação em poder contribuir ativamente nesta pesquisa. Ele passou a estar comigo no meu trabalho e nos meus estudos. Tínhamos um sonho juntos de fazer algo que pudesse ajudar as pessoas portadoras dessa doença.

Nas minhas apresentações em congressos, era sempre ele quem aparecia. Ele sempre pedia para eu dizer que era ele nas fotos. Então, eu tentava explicar que, por questão de ética, eu não podia mostrar o rosto do paciente. E ele dizia: "o paciente é seu pai e eu autorizo!" Falei para ele que no dia da minha defesa eu ia apresentá-lo a todos e dizer que toda essa pesquisa foi inspirada nele.

Mas a vida é uma caixinha de surpresa, e em setembro do ano passado (2018), meu pai foi morar com Deus.

Estávamos juntos na piscina fazendo o último teste para verificar o funcionamento do instrumento em setembro de 2018. Eu não podia imaginar que ali era sua despedida... que aquele era o último dia em que ele estaria consciente e feliz ao meu lado. Que aquele era nosso último dia juntos aqui na terra, pois no dia seguinte ele começou com um quadro de gripe que evoluiu rapidamente para uma pneumonia, sendo necessário interná-lo na UTI. A partir daí, não encontrei mais meu pai consciente. E no dia 21 de setembro de 2018, aos 57 anos, ele terminou sua jornada aqui conosco.

Querido pai, seja onde você estiver, espero que esteja comigo nesse momento da minha defesa e em todos os dias da minha vida.

Amo eternamente,

Sua filha do meio.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente a Deus que tornou possível a realização desse sonho, amparou-me nos momentos difíceis e me deu forças para superar as dificuldades.

Ao Prof. Dr. Marco Aurélio Benedetti pela orientação e apoio durante todo esse período, sendo fundamental para que eu chegasse até aqui. Foi nos momentos mais difíceis que percebi que foi Deus quem o escolheu para seguir comigo essa caminhada, orientando-me com seus conhecimentos, exigindo e cobrando quando necessário e oferecendo apoio nos dias difíceis, sabendo respeitar o meu momento quando não conseguia seguir após a perda do meu pai. E com muita sabedoria e sensibilidade, conseguiu me ajudar a retomar a pesquisa, sempre acreditando em mim. Serei eternamente grata.

À Prof.^a Dra. Maria das Graças Coriolano pela coorientação e por ter me aceitado no projeto de extensão Pró Parkinson, incentivando-me, desde então, a tentar o mestrado. Agradeço por ter me ensinado os primeiros passos de uma pesquisa e por todo apoio durante esses anos. Palavras não são suficientes para demonstrar minha gratidão.

Aos colegas do GPEB, por toda ajuda que recebi na área de engenharia, na construção do equipamento que contou com a colaboração de vários integrantes do grupo. Sou grata por toda dedicação e paciência dispensada a mim durante todo o processo. A disponibilidade de cada um que contribuiu, direta ou indiretamente, foi fundamental para o desenvolvimento deste projeto.

À intensa participação de Ana Vitória na construção dessa pesquisa, tanto nos testes com os pacientes, indo várias vezes na clínica para me ajudar, quanto nos cálculos dos resultados. Sua contribuição foi de suma importância para finalização desta pesquisa. Muito obrigada!

A minha mãe, Cássia Souza, por ser minha base, meu exemplo, minha melhor amiga e minha maior fã. Mais que isso: pelos valores ensinados e por ser a pessoa que mais investiu nos meus estudos.

Aos meus familiares (sobrinhos, tios, tias, primos, primas), por serem sempre tão presentes e importantes em minha vida.

As minhas irmãs Suzy e Stella, meus amores, minhas amigas e confidentes, por estarem sempre ao meu lado em quaisquer circunstâncias.

Ao meu marido Tiago Gusmão que sempre torceu pelo meu sonho do mestrado. Por ter me ajudado desde a inscrição, separando todos os documentos comigo e por ter passado a madrugada lendo minha dissertação para contribuir no que fosse preciso. Obrigada por ser tão parceiro e presente em minha vida!

RESUMO

A doença de Parkinson (DP) é uma doença neurodegenerativa, resultante de disfunções nos núcleos da base, localizados no cérebro, relacionados com o controle da motricidade automática. A marcha das pessoas com DP é caracterizada pela redução da velocidade, do comprimento e da altura do passo. A utilização dos acelerômetros para analisar a marcha humana tem sido ampliada e vários estudos têm utilizado diferentes tipos de acelerômetros para identificar as fases da marcha. O objetivo desse trabalho é desenvolver um equipamento para analisar e comparar a caminhada dentro e fora da água em pessoas com Doença de Parkinson. Trata-se de um estudo de desenvolvimento tecnológico seguido de testes de validação e funcionamento. O teste de validação apresenta um desenho longitudinal com amostras pareadas do tipo piloto. O recrutamento e triagem dos pacientes foi no Programa de extensão Pró-Parkinson e o teste de caminhada foi numa clínica de fisioterapia. Os pacientes foram submetidos a uma caminhada de 8 metros, dentro e fora da água, com acompanhamento da acelerometria que avaliou os parâmetros espaço-temporais da marcha. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos. A amostra foi composta por 5 sujeitos com diagnóstico de DP. Em relação aos resultados, as médias de comprimento da passada (cm) da perna direita e perna esquerda na terra foram 67 (26) e 65 (26), respectivamente. Enquanto na água foram 78 (32) na perna direita e 75 (33) na perna esquerda. A média do número de passos foi 29 (11) na terra e 22 (6) na água e a cadência (passo/segundos) foi de 1,4 (0,2) na terra e 0,7 (0,1) na água. O tempo para realização do teste em segundo foi de 21 (9) na terra e 33 (10) dentro da água. A velocidade (m/s) na terra foi de 0,5 (0,3) e na água de 0,3 (0,1). A altura da passada da perna direita e esquerda apresentou um aumento na água de 54% e 56%, respectivamente. O instrumento desenvolvido, apresentou resultado satisfatório, validando os aspectos funcionais do equipamento. A caminhada na água favoreceu uma melhora nos parâmetros espaço-temporais da marcha dos pacientes em comparação com a caminhada na terra.

Palavras-chave: Fisioterapia aquática. Hidroterapia. Acelerometria. Doença de Parkinson. Marcha.

ABSTRACT

Parkinson's disease (PD) is a neurodegenerative disease, resulting from dysfunctions in the nuclei of the base, located in the brain, related to the control of the motor motricity. The gait of people with PD is characterized by the reduction of pitch velocity, length and pitch. The use of accelerometers to analyze human gait has been amplified and several studies have used different types of accelerometers to identify gait phases. The objective of this work is to develop an equipment to analyze and compare walking in and out of water in people with Parkinson's disease. It is a study of technological development followed by validation and operation tests. The validation test presents a longitudinal design with paired samples of pilot type. The recruitment and triage of the patients was in the Pro-Parkinson Extension Program and the walking test was performed at a physiotherapy clinic. The patients were submitted to an 8-meter walk, in and out of the water, with a follow-up of the accelerometry that evaluated the spatiotemporal gait parameters. The project was approved by the Human Research Ethics Committee (CCS-UFPE). The sample consisted of 5 subjects with a diagnosis of PD. Regarding the results, the average length of the right leg (cm) and left leg on the ground were 67 (26) and 65 (26), respectively. While in the water were 78 (32) in the right leg and 75 (33) in the left leg. The mean number of steps was 29 (11) in the soil and 22 (6) in the water and the cadence (step / sec) was 1.4 (0.2) in the soil and 0.7 (0.1) in the Water. The time to perform the second test was 21 (9) on the ground and 33 (10) in the water. The velocity (m / sec) on the ground was 0.5 (0.3) and in the water 0.3 (0.1). The height of the right and left leg showed an increase in water of 54% and 56%, respectively. The developed instrument presented satisfactory results, validating the functional aspects of the equipment. The walk in the water favored an improvement in the spatial-temporal parameters of the gait of the patients compared to walking on the ground.

Keywords: Aquatic physiotherapy. Hydrotherapy. Acelerometry. Parkinson's disease. March.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Foto descrevendo uma placa de um tipo de MPU	20
Figura 2 - Marcha Humana.....	21
Figura 3 - Identificação de Passo e Passada.	22
Figura 4 - Doença de Parkinson.....	24
Figura 5 - Fisioterapia Aquática.....	28
Figura 6 - Etapas do Desenho do estudo	32
Figura 7 - Fotografia da vista superior da placa de transmissão de dados.	34
Figura 8 - Fotografia da vista superior do módulo comercial Bluetooth HC-06.	35
Figura 9 - Acelerômetros LSM6DS3 Impermeabilizados.....	36
Figura 10 - Instrumento	36
Figura 11 - Bolsa Impermeável para utilização do equipamento de acelerometria ...	37
Figura 12 - Diagrama de blocos do sistema de aquisição de acelerometria.	37
Figura 13 - Diagrama do procedimento de aquisição de dados	38
Figura 14 - Diagrama do procedimento de aquisição de dados	39
Figura 15 - Cálculo do <i>checksum</i>	39
Figura 16 - Posicionamento dos acelerômetros	40
Figura 17 - Fluxograma do Procedimento.	41
Figura 18 - Eixo X correspondente ao comprimento da passada na terra.	43
Figura 19 - Eixo X correspondente a caminhada da passada na água.	43
Figura 20 - Eixo Z correspondente à altura da passada na terra.	43
Figura 21 - Eixo Z correspondente à altura da passada na água.....	44
Figura 22 - Marcação dos pontos para o cálculo da área no eixo X.....	44
Figura 23 - Marcação dos pontos para o cálculo da área no eixo Z.....	45
Figura 24 - Equações da velocidade do deslocamento.....	45
Figura 25 - Algoritmo implementado para o cálculo do espaço.....	46

Figura 26 - Software de aquisição dos sinais de aceleração.....	49
Figura 27 - Registro da acelerometria no eixo X da perna direita na água.	50
Figura 28 - Registro da acelerometria no eixo X da perna direita na terra.	50
Figura 29 - Gráficos do eixo X da perna direita na terra e na água.....	52
Figura 30 - Gráficos do eixo X da perna direita na terra e na água.....	53
Figura 31 - Gráficos do eixo X da perna direita na terra e na água.....	54
Figura 32 - Gráficos do eixo X da perna direita na terra e na água.....	55
Figura 33 - Gráficos do eixo X da perna direita na terra e na água.....	56
Figura 34 - Caminhada na Terra	61
Figura 35 - Caminhada na Água	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização da Amostra (n=5).	57
Tabela 2 - Diferença dos valores dos parâmetros espaço-temporais da caminhada na terra e na água. (n=5).....	57
Tabela 3 - Diferença dos valores da altura da passada durante a caminhada na terra e na água. (n=5).	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD	Analógico Digital
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CCS-UFPE	Centro de ciências da Saúde – Universidade Federal de Pernambuco
DP	Doença de Parkinson
ECG	Eletrocardiograma
EEG	Eletroencefalografia
EMG	Eletromiografia
GPEB	Grupo de Pesquisa em Engenharia Biomédica
HC/UFPE	Hospital das Clínicas da Universidade de Pernambuco
HY	Hoehn e Yahr
KB	Kilobyte
MBITS	Megabit
MCU	Microcontrolador
MEMS	Micro electro mechanical Systems
MHZ	Mega-hertz
NB	Núcleos da base
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	ACELEROMETRIA.....	18
2.2	MARCHA HUMANA	20
2.3	DOENÇA DE PARKINSON	23
2.4	EFEITOS FISIOLÓGICOS E PROPRIEDADES FÍSICAS DA ÁGUA.....	26
3	OBJETIVOS	29
3.1	OBJETIVO GERAL.....	29
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	29
4	METODOLOGIA	30
4.1	ASPECTOS ÉTICOS.....	30
4.2	DESENHO E LOCAL DO ESTUDO	30
4.3	POPULAÇÃO DO ESTUDO.....	32
4.4	TAMANHO DA AMOSTRA.....	32
4.5	CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE DE INCLUSÃO	32
4.6	CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE DE EXCLUSÃO.....	33
4.7	INSTRUMENTOS DE TRIAGEM	33
4.8	INSTRUMENTOS ELETRÔNICOS PARA AQUISIÇÃO DE ACELEROMETRIA	34
4.9	PROCEDIMENTO DE AQUISIÇÃO DE DADOS.....	38
4.10	PROCEDIMENTO DE COLETA.....	40
4.11	ANÁLISE DOS DADOS.....	42
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1	RESULTADO DO TESTE E VALIDAÇÃO DE FUNCIONAMENTO DO INSTRUMENTO	48
5.2	RESULTADO DO TESTE PILOTO.....	51
5.2.1	Resultado individual da acelerometria de cada paciente	51
5.2.2	Resultado da acelerometria do grupo	56
5.2.3	Resultado do paciente não contabilizado na estatística	59

6	CONCLUSÕES	62
6.1	TRABALHOS FUTUROS	63
	REFERÊNCIAS	64
	APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO DE LIVRE ESCLARECIMENTO	70
	APÊNDICE B - FICHA DE DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS	73
	ANEXO A - ESCALA DE ESTADIAMENTO DE HOEHN & YAHR	76
	ANEXO B - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	77

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento da tecnologia, sensores inerciais, como acelerômetros e giroscópios, têm sido cada vez mais utilizados para monitoramento da atividade física humana. Nos últimos anos, diversas ferramentas baseadas nesses sensores foram sugeridas para medir vários aspectos dos padrões de movimento na Doença de Parkinson (DP). A fixação de sensores em membros inferiores permite uma avaliação confiável dos parâmetros espaço-temporais da marcha, como comprimento da passada, velocidade de caminhada e fase de balanço, sendo utilizadas na avaliação das características da marcha tanto de pessoas saudáveis quanto de pessoas com disfunções neurológicas (YONEYAMA et al., 2014).

Os acelerômetros atuais são menores, parecem ser de fácil uso e podem ser discretamente fixados em corpos sujeitos a acelerações em diversos ambientes das mais diferentes práticas clínicas em pessoas com DP (WEISS et al., 2015; ZAGO et al., 2018).

A utilização dos acelerômetros para analisar a marcha humana tem sido ampliada e vários estudos utilizam diferentes tipos de acelerômetros fixados em diversas partes do corpo para identificar as fases do ciclo da marcha (DIN et al, 2016).

A marcha das pessoas com DP é caracterizada pela redução da velocidade, do comprimento e da altura do passo. Também podem apresentar festinação e congelamento que normalmente surgem na tentativa de andar, na passagem por uma curva e por espaços estreitos (KEUS, 2004).

A Doença de Parkinson (DP) é uma doença neurológica degenerativa progressiva do sistema nervoso central que afeta principalmente o sistema motor, acometendo mais homens do que mulheres. Sua prevalência é de 100 a 200 casos por 100.000 habitantes. Sua incidência aumenta progressivamente com a idade e um

pico ocorre entre os 70 e 79 anos, mas, em alguns casos, ela pode se desenvolver antes mesmo dos 40 (PRINGSHEIM et al, 2014; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2010).

É uma doença idiopática, mas acredita-se que pode surgir a partir de uma interação entre fatores genéticos e ambientais. Seu diagnóstico é baseado em critérios clínicos, como presença de bradicinesia, rigidez, tremor de repouso e instabilidade postural (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017).

Para melhorar os sintomas da DP é de suma importância o uso dos fármacos, entretanto outras estratégias terapêuticas devem fazer parte do tratamento. A fisioterapia é um importante recurso, pois promove exercícios que mantêm a atividade muscular e preservam a mobilidade, minimizando e retardando a evolução dos sintomas (BENOIT et al., 2014)

O tratamento na água é um recurso fundamental no processo de reabilitação de pacientes com DP, apresentando resposta diferente do tratamento fora da água, devido a presença das propriedades físicas da água que influenciam positivamente no tratamento das alterações no padrão da marcha presentes na doença (LOBATO, 2015).

Os benefícios do tratamento em água justificam-se pelas influências físicas da água no corpo imerso que geram alterações fisiológicas e melhoras na condição física do músculo, no aumento de força, na resistência em caso de fraqueza muscular e na facilitação da marcha, permitindo a deambulação em certos pacientes (CUNHA, 2010).

A água reduz significativamente o impacto e aceleração em membro inferior durante o exercício, além de aumentar o comprimento da passada em consequência da presença das propriedades físicas da água (MACDERMID, et al 2017).

Entretanto, apesar desses benefícios, ainda são escassos os estudos que apresentem instrumentos para aferir tais parâmetros dentro d'água como também às diferenças entre os ambientes (dentro e fora da água) devido às próprias dificuldades do ambiente aquático, impermeabilização e funcionamento dos dispositivos.

Portanto, o objetivo desse trabalho é desenvolver um equipamento para analisar e comparar a caminhada dentro e fora da água em pessoas com Doença de Parkinson.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos itens a seguir, serão apresentados alguns conceitos fundamentais para melhor compreensão deste trabalho.

2.1 ACELEROMETRIA

Acelerômetros são transdutores que medem a aceleração. A aceleração é uma grandeza física cinemática que determina a taxa de variação da velocidade de um corpo ao longo do tempo. Quando um sensor eletrônico de aceleração é adequadamente acoplado ao móvel que experimenta uma aceleração, ele apresenta um deslocamento angular proporcional a aceleração momentânea realizada. Os acelerômetros operam amparados em circuitos eletrônicos auxiliares que servem para energizar o dispositivo e condicionar os seus sinais de saída (ROCHA, 2013).

A acelerometria é um método de análise cinemática do movimento humano, cujo movimento é identificado através de dispositivos do tipo acelerômetros. Os acelerômetros são componentes eletrônicos que fornecem a posição do corpo durante a marcha para análises biomecânicas. A utilização de um acelerômetro tem como principal objetivo a determinação da posição e da sensibilidade das vibrações mecânicas, amplitudes e frequências que ocorrem durante o movimento do corpo (SANTOS, 2007; TEXEIRA, 2010).

O acelerômetro é um transdutor sensível a aceleração cujo funcionamento baseia-se em cristais piezoelétricos, que depois de sujeitos à compressão, geram um pequeno sinal elétrico proporcional à aceleração. O acelerômetro é um dispositivo que reage ao estímulo de uma força externa exercida sobre o corpo, sendo capaz de medir a aceleração linear de um objeto em que esteja fixado. Geralmente possui três eixos

(X, Y e Z) e fornece sua saída em função da aceleração da gravidade g , onde $1g \cong 9.8 \text{ m/s}^2$ ao nível do mar (TEXEIRA, 2010).

Nos últimos anos, a presença dos acelerômetros em diversos estudos e investigações científicas vem sendo cada vez mais presente. Diversos são os estudos que apontam para a utilização dos acelerômetros na análise do movimento humano. Pode-se destacar também o seu uso na monitorização do controle da atividade física, na avaliação, em reabilitação neurológica para ajustes de padrões normais dos movimentos ou ainda na detecção de queda em idosos ou pessoas com mobilidade restrita. Em comparação com outros sistemas, o uso dos acelerômetros torna-se uma ferramenta com um processo bastante funcional e com custos muito reduzidos (MAGARREIRO, 2015).

Segundo Rocha (2013), os acelerômetros atuais são muito pequenos, podendo ser de fácil uso e discretamente fixados em corpos sujeitos a acelerações e podem ser usados em diversos ambientes, nas mais diferentes práticas de física experimental. Existem diversos tipos de acelerômetros, com várias características diferentes e algumas vantagens e desvantagens em cada tipo (Figura 1).

A maioria dos movimentos motores do corpo humano ocorre em mais de um eixo de movimento. Assim, para a análise do movimento do corpo humano, dá-se a preferência aos acelerômetros triaxiais que permitem medir o deslocamento e a aceleração em cada um dos três eixos ortogonais. Os acelerômetros e giroscópios, são uma solução eficiente para esta finalidade, pois permitem o monitoramento das atividades físicas humanas, além de ser de baixo custo, leve e tem duração operacional prolongada (YONEYAMA, 2013).

Os acelerômetros têm a capacidade de aferir a aceleração linear de um objeto, enquanto os giroscópios medem a aceleração angular do mesmo, esta aceleração influencia na trajetória ou rotação do corpo (MORAES, 2018).

Existem diversos benefícios atualmente em utilizar o acelerômetro como instrumento para avaliar o movimento, o baixo custo ao ser comparados com outros equipamentos utilizados, os testes não ficam restritos apenas ao laboratório, por ser um instrumento pequeno sem interferência na caminhada do participante e ainda, pelo fato da existência no mercado de grande variedade de modelos com diferentes sensibilidades para aquisição (MAGARREIRO, 2015).

Figura 1 - Foto descrevendo uma placa de um tipo de MPU



Fonte: A Autora, 2019.

2.2 MARCHA HUMANA

Caminhar é uma das principais habilidades do indivíduo e se caracteriza por movimentos suaves, regulares e repetitivos, com surpreendente eficiência do ponto de vista neuro-músculo-esquelético, apesar de sua complexidade (SANTOS et al, 2016).

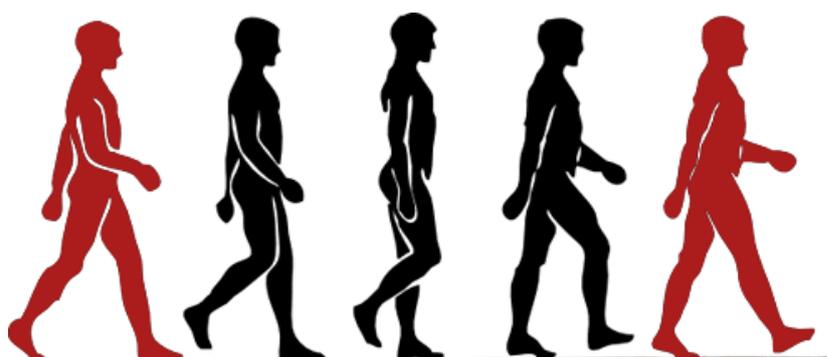
O andar, ou marcha, aparenta ser uma ação simples por ser uma atividade tão repetitiva no dia a dia das pessoas. Porém, quando há a necessidade de analisar a marcha com mais detalhes, é necessária uma observação clínica, pois a análise da marcha tem uma importância fundamental no estudo e tratamento das patologias que envolvem o aparelho locomotor (PAZETO; PEREIRA; OLIVEIRA, 2014).

Segundo Segura et al. (2008) a marcha pode ser definida como uma maneira do indivíduo se locomover utilizando as duas pernas de forma alternada, estando pelo menos um pé em contato com o solo todo o tempo. É uma série de movimentos altamente coordenados, onde o equilíbrio está sendo constantemente desafiado e recuperado (Figura 2).

A marcha considerada normal é o movimento em que se observa o deslocamento do corpo para frente de maneira eficiente. Qualquer desvio pode acarretar um padrão anormal de marcha. A marcha é considerada a atividade funcional mais complexa do ser humano (MORAES, 2018).

Apesar de ser um dos movimentos mais difíceis de aprender, quando realizado, torna-se praticamente inconsciente. A marcha envolve a atuação de muitos músculos e muitas articulações, sendo muitas as combinações de forças musculares que podem resultar num mesmo modelo de movimento (CALHAU et al., 2007).

Figura 2 - Marcha Humana

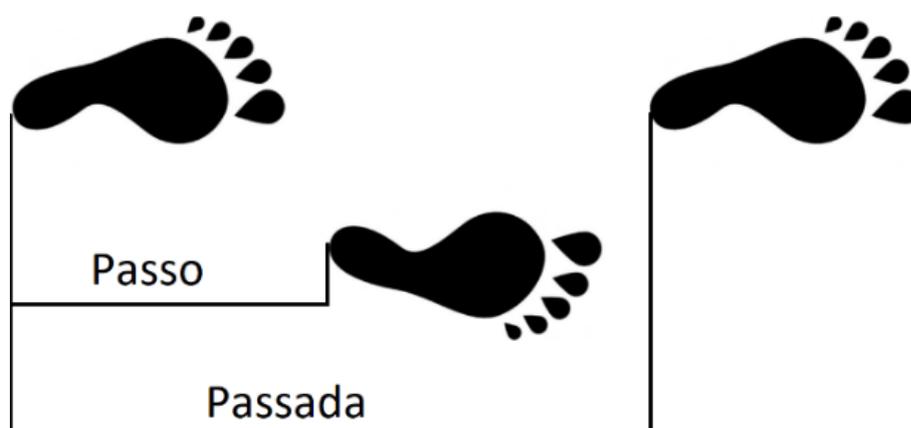


Fonte: Souza, 2018.

As fases do ciclo de marcha ocorrem desde o ponto de toque inicial de uma extremidade até o ponto em que a mesma extremidade toca novamente o solo. Cada extremidade passa por duas fases, uma fase de apoio e uma fase de oscilação, durante cada ciclo. A fase de apoio se inicia quando uma extremidade entra em contato com o solo e continua enquanto o pé estiver em contato com o mesmo. Esta fase é responsável por aproximadamente 60% do ciclo de marcha. Já a fase de oscilação se inicia quando o membro inferior descola do solo e termina antes do contato ao solo do mesmo membro. Esta fase corresponde a cerca de 40% do ciclo de marcha (SOUSA, 2009; MUNIZ, 2008).

Para o estudo da marcha alguns conceitos devem ser conhecidos. Define-se: velocidade da marcha como a distância percorrida pelo corpo por unidade de tempo; cadência da marcha como o número de passos por unidade de tempo; o comprimento da passada como o período de tempo entre o contato de um pé com o solo e o próximo contato do mesmo pé; o comprimento do passo como a distância a que se encontram os pés, quando faz contato com o solo, conforme mostra a Figura 3 (YONEYAMA, 2014).

Figura 3 - Identificação de Passo e Passada.



Fonte: Moraes, 2018

Na fase de apoio, os grupos musculares mais ativados são os abdutores da coxa (glúteo máximo, glúteo médio e o tensor da fáscia lata), os eretores da coluna lombar (paravertebrais, multífidos), os tibiais (tibial anterior), a panturrilha (tríceps sural), quadríceps e isquiotibiais. Na fase de balanço, os grupos musculares mais solicitados são os adutores da coxa, tibiais (tibial anterior) e isquiotibiais. Dois métodos podem ser utilizados para a avaliação da marcha, da locomoção e movimentos humanos, são eles: método qualitativo e método quantitativo. A análise qualitativa da marcha é geralmente realizada em clínicas de reabilitação e de fisioterapia, por conseguinte a avaliação é feita subjetivamente com bases diretas, observacionais e por anotações. Porém na análise quantitativa da locomoção humana, em geral é realizada em laboratórios de biomecânica ou laboratórios especializados em marcha humana (SEGURA et al., 2008; SILVA, 2016).

A análise clínica da marcha envolve a medida de parâmetros biomecânicos tais como velocidade, passo e cadência. A velocidade usual da marcha é a velocidade média atingida depois de aproximadamente três passos, sendo obtida pela distância dividida pelo tempo. A velocidade da marcha declina com a idade e com o surgimento de doenças, e indivíduos com idade ≥ 70 anos apresentam reduções significativas da velocidade quando comparados aos indivíduos com idades entre 40 e 59 anos, independente do sexo (NOVAES et al., 2011).

2.3 DOENÇA DE PARKINSON

A doença de Parkinson foi descrita pela primeira vez em 1817 por James Parkinson (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2010). É uma patologia neurodegenerativa e progressiva que compromete o sistema nervoso central. É caracterizada pela perda progressiva dos neurônios dopaminérgicos localizados na parte compacta da

substância negra, fazendo com que haja redução dos níveis de dopamina, um neurotransmissor essencial no controle dos movimentos (SCALZO et al., 2012).

Essa deterioração dopaminérgica acarreta disfunções no circuito dos núcleos da base (NB) que são estruturas envolvidas no controle dos movimentos, mediante suas conexões com regiões do tronco encefálico, os NB podem controlar movimentos automáticos, sendo de importância fundamental para a locomoção (SCALZO et al., 2009).

A DP é a segunda doença neurodegenerativa mais comum em todo o mundo, e pode afetar 2% a 3% da população a qualquer momento. Se caracteriza pela presença de sinais cardinais: bradicinesia, tremor de repouso, rigidez e instabilidade postural. Os problemas de controle postural e equilíbrio interferem diretamente na marcha e na segurança do paciente (Figura 4) (SCALZO et al., 2012).

Figura 4 - Doença de Parkinson



Fonte: Pinheiro, 2019.

A bradicinesia corresponde a uma lentificação dos movimentos, especialmente os voluntários e automáticos. É a alteração motora mais frequente e característica da

DP. Os pacientes podem apresentar redução da velocidade e da amplitude dos movimentos. Além disso, pode haver a redução da expressão facial chamada de hiponímia ou face em máscara (SOUZA et al., 2011).

O tremor de repouso é a característica mais facilmente reconhecida na DP, afetando as mãos, de início unilateral, podendo ser assimétrico. Apresenta uma frequência entre 4 e 6 Hz e está frequentemente presente nos estágios iniciais da doença e ocorrendo em cerca de 75% dos pacientes. Esse tremor possui aspecto de “contar dinheiro”, alternando movimentos de adução e abdução dos dedos e das mãos. Também pode ocorrer no queixo e lábios e raramente na cabeça (ZACH et al., 2015; SOUZA et al., 2011).

A rigidez muscular é caracterizada pelo aumento da resistência à movimentação passiva das articulações (flexão, extensão ou rotação). Pode acontecer independentemente da tarefa, amplitude ou velocidade do movimento (HAASE; MACHADO; OLIVEIRA, 2008).

A instabilidade postural é a perda dos reflexos posturais que ocasionam episódios de quedas e incapacidade em ficar em pé sem auxílio. A instabilidade pode estar presente nos estágios iniciais da doença, mas, normalmente apresenta uma piora com a progressão da doença. A redução do tempo de reação a respostas de equilíbrio e a postura com cabeça e tronco fletidos dificultam ajustes quando há súbitos deslocamentos do corpo (KIM et al., 2013).

Os pacientes com DP apresentam uma marcha com algumas características bem específicas da doença, como: redução da velocidade e diminuição da altura e comprimento do passo, caracterizando uma marcha lenta e arrastada (BRYANT, 2016). Alguns estudos sugerem o aumento da cadência na DP como um mecanismo de adaptação da redução do comprimento do passo (MATSUMOTO, 2014).

A festinação ocorre na tentativa de manter o centro de gravidade e evitar quedas para frente, caracterizada pelo aumento progressivo na velocidade e encurtamento do passo. Os indivíduos com DP apresentam uma postura de flexão de tronco e conseqüentemente alteração do centro de gravidade afetando o equilíbrio corporal (FUKUNAGA et al., 2014).

O congelamento é um dos sintomas mais comuns, experimentado regularmente por cerca de cinquenta por cento dos pacientes com DP. As características do congelamento são descritas como uma incapacidade de andar, com sensação de estar com os pés colados ao solo. Os pacientes referem como se os seus pés estivessem presos ao chão, impedindo-os de começar ou continuar a andar (KIM, 2015).

Alguns dos sintomas associados à DP não são controláveis pelo uso de fármacos e o recurso à neurocirurgia é limitado, tornando-se necessária a procura de novas estratégias de tratamento (BENOIT et al., 2014).

2.4 EFEITOS FISIOLÓGICOS E PROPRIEDADES FÍSICAS DA ÁGUA

A ação terapêutica da água aquecida aumenta o metabolismo e diminui a tensão muscular, ocasionando um ambiente confortável, relaxante e feliz. Os principais efeitos terapêuticos da água são: redução da sensibilidade à dor; relaxamento muscular e diminuição dos espasmos musculares (PEREIRA et al., 2017).

As propriedades físicas da água justificam as diferenças de movimentação entre o ambiente fora da água e o dentro da água. A viscosidade, que é ao atrito através do líquido e o corpo nele submerso, atua no aumento da resistência do movimento exercido na piscina. O fluxo turbulento é definido pelo movimento

desordenado da água que contribui para a resistência da água, porém, se a agitação for oposta o fluxo pode se tornar resistido e se for a favor do fluxo o movimento será facilitado. A pressão exercida pelo líquido sobre o corpo submerso é denominada pressão hidrostática, quanto maior a profundidade em que o corpo se encontra, maior será a pressão exercida sobre ele. O empuxo ou flutuação é uma força de sentido contrário à gravidade, favorecendo a redução da descarga de peso nas articulações. (FERREIRA, 2015).

No tratamento em água, devido à redução do peso corporal, provocada pela força do empuxo, os movimentos tornam-se mais fáceis e livres de sobrecarga. É possível realizar, então, movimentos que em solo são muitas vezes impossíveis (SOUZA, 2014).

Os benefícios da atividade no ambiente aquático justificam-se pelas influências físicas da água no corpo imerso que geram alterações fisiológicas e melhoras na condição física do músculo, no aumento de força, na resistência em caso de fraqueza muscular e na facilitação da marcha, permitindo a deambulação em certos pacientes (CUNHA, 2010).

A fisioterapia aquática é um recurso fisioterapêutico que utiliza os efeitos físicos, fisiológicos e cinesiológicos da imersão do corpo em água aquecida, apresentando como resultado a reabilitação ou prevenção de alterações funcionais, podendo ser aplicada de forma individual ou em grupo, tanto como tratamento geral ou como complemento de outra modalidade (PEREIRA et al., 2017).

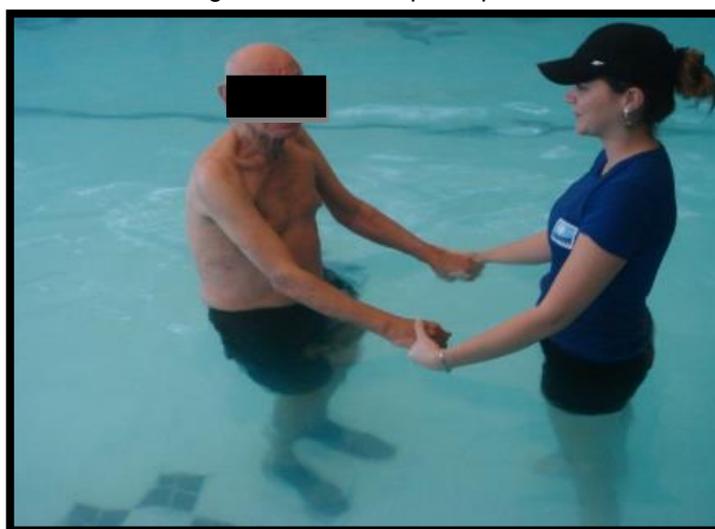
O desequilíbrio no meio aquático pode ser voluntariamente provocado visando à mudança de posicionamento, tanto a partir da posição bípede quanto nos decúbitos. Movimentação de partes do corpo através da água gera consciência do organismo, melhorando a postura. O ajustamento dinâmico contínuo no ambiente aquático

aumenta a consciência corporal, ajudando no controle motor durante a marcha (FERREIRA, 2015).

As propriedades de empuxo, pressão hidrostática e turbulência, são as facilitadoras para as respostas automáticas de equilíbrio, estático ou dinâmico, favorecendo uma melhora na qualidade funcional da postura e do movimento, ocorrendo uma ativação de um mecanismo postural mais próximo do normal (TOBLE et al., 2013)

A fisioterapia é um recurso amplamente utilizado no processo de reabilitação neurológica, procurando retardar ou impedir a perda de habilidades gerais e incapacidade. A atividade no ambiente aquático vem crescendo cada vez mais, tanto para a prática de atividade física quanto para reabilitação (Figura 5). O processo de reabilitação neurológica pode ser realizado em solo ou adaptado para o ambiente aquático, onde essa modalidade vem ganhando bastante aceitação, por ser um ambiente mais relaxante e prazeroso. Porém, são escassas as informações sobre as características biomecânicas das alterações que esse ambiente proporciona durante o movimento específico do andar (CRUZ, 2017).

Figura 5 - Fisioterapia Aquática



Fonte: A Autora, 2019.

3 OBJETIVOS

O objetivo geral e os objetivos específicos inerentes a este trabalho serão elencados neste tópico.

3.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um equipamento para analisar e comparar a caminhada dentro e fora da água em pessoas com Doença de Parkinson.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desenvolver um circuito eletrônico para realizar a aquisição do sinal de acelerometria, dentro e fora da água;
- Desenvolver um *Firmware* para a comunicação com os acelerômetros e o módulo *bluetooth*;
- Configurar um sistema de comunicação para adquirir, apresentar e exportar em modo texto o sinal de acelerometria, através da transmissão sem fio, para um computador do tipo notebook;
- Calcular e comparar os parâmetros espaço-temporais da marcha, de pessoas com DP, através da acelerometria dentro e fora da água, com o auxílio de software matemático (MATLAB ou similar).

4 METODOLOGIA

Nos itens a seguir, poderá ser observado criteriosamente como este trabalho foi desenvolvido através da explanação metodológica.

4.1 ASPECTOS ÉTICOS

A presente pesquisa teve parecer favorável do comitê de ética em pesquisa com seres humanos do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CCS/UFPE) obtendo o nº:86285418.7.0000.5208 (ANEXO B).

Os participantes foram incluídos após ler, concordar e assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A). As informações desta pesquisa são confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos participantes, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação.

Os dados coletados nesta pesquisa, ficarão armazenados em DVD no Laboratório de Interface Homem-Máquina, sob a responsabilidade do orientador Marco Aurélio Benedetti Rodrigues, no endereço Av. da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE), Recife - PE, 50740-550 pelo período de 5 anos.

4.2 DESENHO E LOCAL DO ESTUDO

Trata-se de um estudo de desenvolvimento tecnológico seguido de testes de validação e funcionamento. O teste de validação apresenta um desenho longitudinal com amostras pareadas do tipo piloto.

O estudo foi dividido em três etapas (Figura 6). A primeira etapa foi o desenvolvimento e adaptação de um equipamento para trabalhar com acelerometria, que foi realizado no prédio do Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Eletrônica e Sistemas, Sala 412, Laboratório de Interface Homem-Máquina da Universidade Federal de Pernambuco, na cidade de Recife-PE, através do grupo de pesquisa (GPEB).

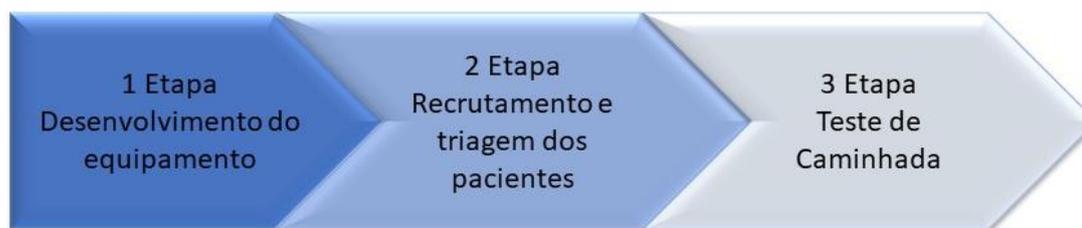
O grupo de pesquisa em Engenharia Biomédica do Departamento de Eletrônica e Sistemas (GPEB), visa a integração multidisciplinar de atividades de pesquisa na área da saúde, ciências biológicas e engenharias, através da participação de professores e alunos em diversos projetos de pesquisa. São realizadas parcerias diretas com os programas de pós-graduação em Engenharia Elétrica, Pós-graduação em Engenharia Biomédica e Pós-graduação em Fisioterapia. Desde a sua criação em 2007 o GPEB apresenta experiência no desenvolvimento de Hardware: sistemas embarcados, prototipação em nível de hardware, instrumentação biomédica, desenvolvimento de sistema de EEG, EMG e ECG, entre outros, para a avaliação e condicionamento físico de pacientes.

A segunda etapa do trabalho foi o recrutamento e triagem dos pacientes no Programa de extensão Pró-Parkinson do Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e na Clínica Rogério Antunes. O Programa Pró-Parkinson existe oficialmente desde dezembro de 2012, promovendo a assistência multiprofissional ao paciente com DP e atividades educativas para o paciente e seu cuidador. Também, destaca-se pelas pesquisas científicas, pois está vinculado ao grupo de pesquisa Pró-Parkinson da UFPE.

A terceira etapa foi a aplicação do instrumento durante o teste de caminhada dentro e fora da água nos pacientes com DP realizado na Clínica Rogério Antunes -

Unidade Torreão, localizada na Rua Djalma Farias, 251, Torreão, Recife-PE que é uma das principais clínicas de Fisioterapia do Recife, com 25 anos de experiência.

Figura 6 - Etapas do Desenho do estudo



Fonte: A Autora, 2019.

4.3 POPULAÇÃO DO ESTUDO

Pacientes entre 40 e 80 anos de idade atendidos no Programa Pró-Parkinson-HC/UFPE e na clínica Rogério Antunes, com diagnóstico clínico de DP idiopática nos estágios leve a moderado da doença.

4.4 TAMANHO DA AMOSTRA

A amostra foi por conveniência dos sujeitos elegíveis recrutados no período de coletas de dados. A quantidade de pacientes está relacionada a um número capaz de testar o equipamento. A quantidade de pacientes (amostra) serve apenas para validar os aspectos funcionais do equipamento.

4.5 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE DE INCLUSÃO

- Pacientes com diagnóstico clínico de doença de Parkinson idiopática;
- Com idade igual ou superior a 40 anos;
- Ambos os sexos;
- Em estágio de 1 a 3 da escala de Hoehn e Yahr.

4.6 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE DE EXCLUSÃO

- Pacientes com outras doenças neurológicas;
- Pacientes com doenças que afetem o equilíbrio, como vestibulopatias;
- Hipertensão arterial sistêmica descontrolada;
- Com comprometimento respiratório;
- Alterações musculoesqueléticas que impeçam a realização dos movimentos.
- Realização da caminhada com qualquer tipo de apoio

4.7 INSTRUMENTOS DE TRIAGEM

Os instrumentos utilizados na triagem foram: Ficha de Dados Sociodemográficos e a versão original da Escala de Hoehn & Yahr (HY).

Na Ficha de Dados Sociodemográficos foram obtidos dados gerais dos pacientes, como nome completo, telefone, endereço, grau de instrução, nível de dependência nas atividades de vida diária, medicamentos em uso com dosagem e horários, além de outras informações relacionadas aos critérios de elegibilidade (APÊNDICE B).

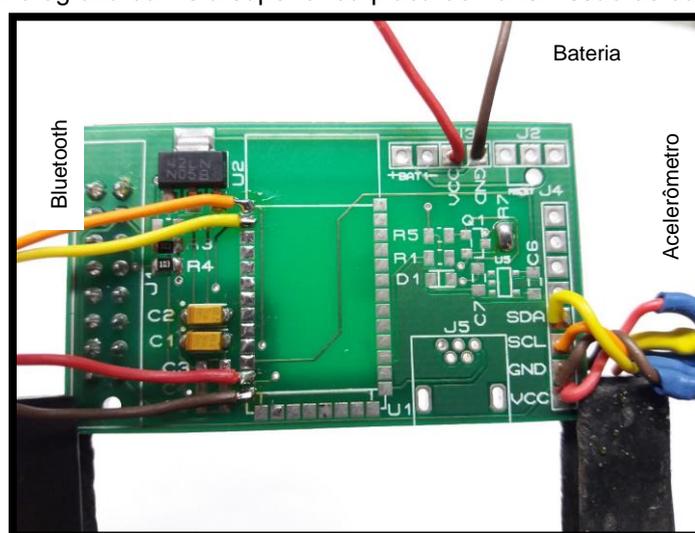
A Escala de Hoehn & Yahr (HY) foi desenvolvida em 1967 e permite identificar o grau de evolução da doença de Parkinson. A sua versão original é composta de cinco estágios de classificação: no estágio I a doença é apenas unilateral, no II a doença passa a ser bilateral, no III a doença também é bilateral, contudo, com comprometimento inicial da postura. Os pacientes nesses três primeiros estágios apresentam incapacidade de leve à moderada, no estágio IV a doença é grave e o paciente necessita de muita ajuda para desempenhar suas atividades motoras e no estágio V o paciente está restrito ao leito ou cadeira de rodas, necessita de ajuda total

(HOEHN; YAHR, 1967; GOULART; PEREIRA, 2005; MELLO; BOTELHO, 2010) (ANEXO A).

4.8 INSTRUMENTOS ELETRÔNICOS PARA AQUISIÇÃO DE ACELEROMETRIA

O equipamento desenvolvido é composto por dois acelerômetros integrados a um microcontrolador através da comunicação serial do tipo I2C. A comunicação com um computador foi realizada através do protocolo *Bluetooth*. Foi utilizada a placa de desenvolvimento MSP430 para a construção do equipamento (Figura 7). Esta placa de desenvolvimento da *Texas Instruments* é uma placa de baixo custo, com microcontrolador MSP430G2553 com 16KB de memória flash e 512B de memória RAM, e que funciona em 16MHz com *clock* interno. Dentre as principais características desta placa de desenvolvimento, pode-se citar o baixo consumo de energia, permitindo o uso de baterias por longos períodos.

Figura 7 - Fotografia da vista superior da placa de transmissão de dados.



Fonte: A Autora, 2019.

A transmissão de dados sem fio para o computador é realizada utilizando um dispositivo com comunicação Bluetooth 2.0. Este tipo de protocolo trabalha com baixo

consumo de energia e pode alcançar 50 metros, dependendo da potência utilizada. Os dispositivos de Bluetooth trabalham na faixa de frequência ISM (Industrial, Scientific, Medical), oferecem taxa de transmissão relativamente alta (3Mbits/s para o Bluetooth 2.0), e trabalham de modo pareado com os dispositivos, garantindo uma transmissão segura de dados (Figura 8).

Figura 8 - Fotografia da vista superior do módulo comercial Bluetooth HC-06.



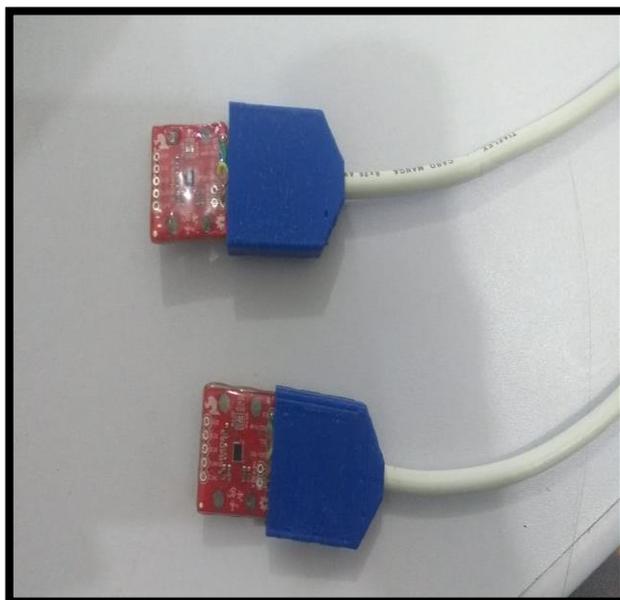
Fonte: A Autora, 2019.

Os sensores inerciais são utilizados em situações que é necessário perceber os efeitos da ação de forças que provocam uma mudança no estado inercial de sistemas. No caso da análise da marcha, sensores do tipo acelerômetros e giroscópios podem ser utilizados para analisar o ciclo do movimento e possíveis alterações no andar do paciente.

O módulo escolhido para o sistema contém um acelerômetro LSM6DS3 com um giroscópio integrado, ambos triaxiais e usando tecnologia MEMS (Microelectromechanical Systems), tendo 6 graus de liberdade ao todo. O conversor AD integrado ao módulo LSM6DS3 possui 16-bits e capturam os sinais para os eixos X, Y e Z simultaneamente. É um dispositivo de consumo baixo e oferece comunicação serial I2C, diminuindo assim o número de fios conectados ao dispositivo e facilitando o trabalho no momento da aquisição. Para impermeabilização e selagem dos

acelerômetros para o funcionamento dentro da água, foi utilizado um verniz impermeabilizante e cola epóxi tipo Araldite® (Figura 9).

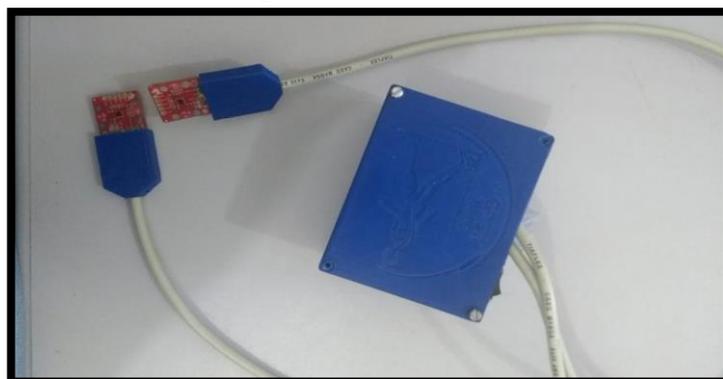
Figura 9 - Acelerômetros LSM6DS3 Impermeabilizados



Fonte: A Autora, 2019.

Uma caixa personalizada foi desenvolvida em impressora 3D para proteger o sistema embarcado contendo saídas para os dois canais dos acelerômetros. A passagem dos cabos na caixa foi vedada com silicone. Os cabos foram presos com Fita Tape (Silver Tape 8979, 3MTM) (Figura 10).

Figura 10 - Instrumento



Fonte: A Autora, 2019.

A caixa com o sistema embarcado ficou protegida em uma bolsa com tecido impermeável, confeccionada exclusivamente para seu uso. A bolsa contém alças de apoio nos braços de modo a ficar acomodada nas costas (Figura 11). Assim, a caixa, com todo o sistema embarcado, ficará fora da água.

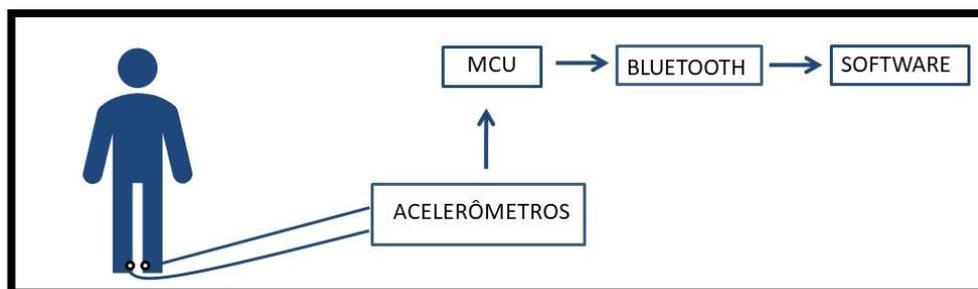
Figura 11 - Bolsa Impermeável para utilização do equipamento de acelerometria



Fonte: A Autora, 2019.

A (figura 12) representa um resumo de todo sistema de aquisição de dados de acelerometria, que são enviados via Bluetooth para um computador do tipo Notebook. Esses dados podem ser enviados para qualquer outro dispositivo que possua comunicação Bluetooth, como o caso de celular ou Tablet.

Figura 12 - Diagrama de blocos do sistema de aquisição de acelerometria.

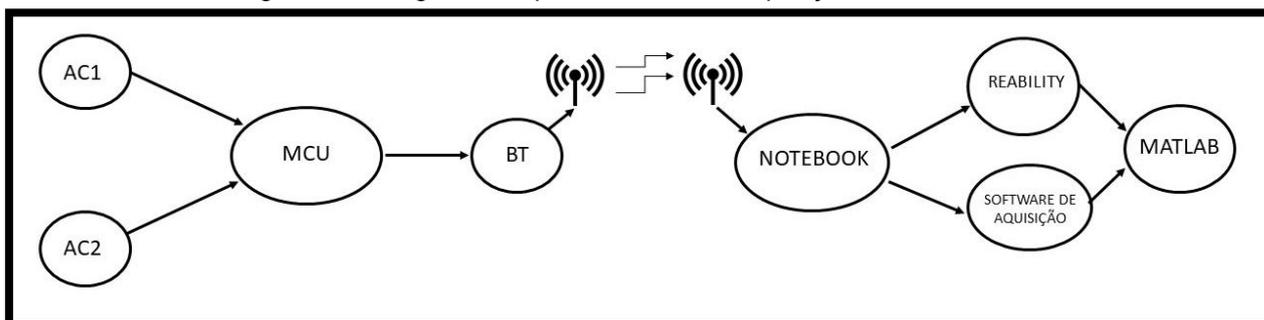


Fonte: A Autora, 2018.

4.9 PROCEDIMENTO DE AQUISIÇÃO DE DADOS

O processo de aquisição dos sinais de acelerometria é realizado pelo microcontrolador (MCU). Em um primeiro momento, o MCU processa os dados construindo um pacote que posteriormente é enviado para o sistema de comunicação via Bluetooth. Em um outro ponto, o Notebook recebe esses dados e envia para um Software que verifica se o pacote veio correto (Figura 13). Esse software pode ser o Reability ou um Software somente de aquisição, capaz de gerar um arquivo texto para ser importado pelo software Matlab para realizar a análise do sinal de acelerometria, identificando o comprimento e altura da passada, velocidade e cadência.

Figura 13 - Diagrama do procedimento de aquisição de dados

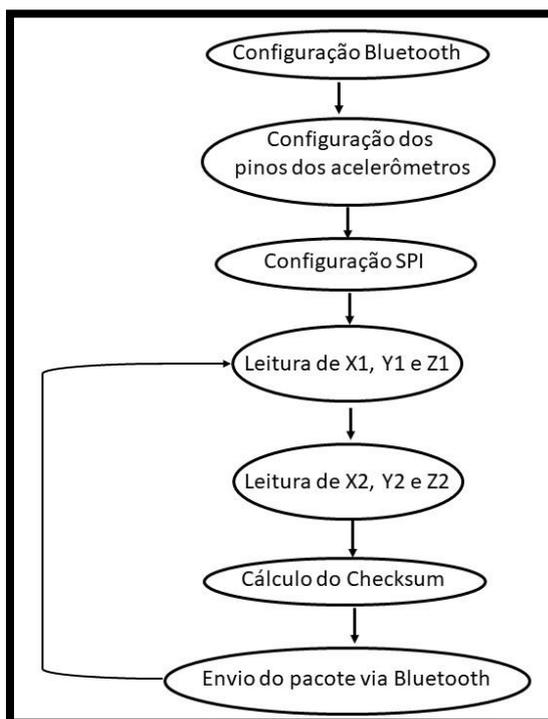


Fonte: A Autora, 2019.

Para o controle do MCU, foi desenvolvido um firmware conforme a (figura 14). A primeira tarefa do firmware é a configuração da comunicação serial assíncrona com o módulo bluetooth, a uma taxa de comunicação de 38400 bauds. A segunda tarefa foi realizar a configuração das ligações dos pinos de hardware dos acelerômetros na placa do MCU, isto é, informando a localização da conexão de cada acelerômetro para o MCU. A terceira tarefa foi realizar a configuração da comunicação via SPI com os acelerômetros. Em seguida, foi realizada a leitura dos dados do acelerômetro 1 (X1, Y1 e Z1), do acelerômetro 2 (X2, Y2 e Z2) e por fim realizado o cálculo do somatório

de todos os valores dos eixos dos dois acelerômetros, resultando um valor de “checksum”, para compor um pacote de dados, a serem enviados para o módulo bluetooth.

Figura 14 - Diagrama do procedimento de aquisição de dados



Fonte: A Autora, 2019.

Assim o pacote de dados a ser enviado via bluetooth é composto conforme a figura 15.

Figura 15 - Cálculo do *checksum*.

$$\text{Soma} = x1+y1+z1+x2+y2+z2$$

Pacote de dados enviado = x1,y1,z1,x2,y2,z2,soma

Fonte: A Autora, 2019.

Após o envio do pacote, o processo de leitura dos valores dos acelerômetros é repetido 120 vezes por segundo, indeterminadamente.

4.10 PROCEDIMENTO DE COLETA

Durante a consulta de rotina no ambulatório médico de neurologia do Hospital das Clínicas e na Clínica Rogério Antunes, o paciente foi convidado a participar da pesquisa. Após a aceitação, por meio da assinatura do Termo de Consentimento de Livre Esclarecimento (TCLE), foi feita uma triagem através do preenchimento da ficha de dados sociodemográficos que contém perguntas para identificar o paciente e verificar os critérios de inclusão. Após o preenchimento desta ficha, foi aplicada a escala de Hoehn e Yahr (HY) para avaliar o estágio da doença. Na execução desta escala, o paciente estava sem o efeito da medicação. Em seguida, após o teste, o paciente foi orientado a ingerir o medicamento.

O teste foi feito em 5 sujeitos voluntários com diagnóstico de DP. Eles realizaram uma caminhada de 08 metros, dentro e fora da água, com monitoramento da acelerometria. Os acelerômetros foram posicionados na face interna do pé, embaixo do maléolo medial (Figura 16).

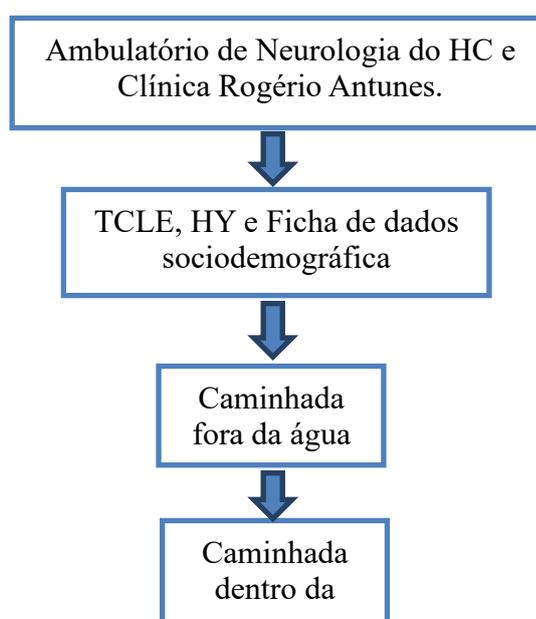
Figura 16 - Posicionamento dos acelerômetros



Os dados foram enviados via bluetooth para o software instalado no computador. A finalidade dessa comunicação sem fio é de visualizar os resultados e armazená-los para a análise estatística, em um computador pessoal. As variáveis analisadas foram: tempo para realização do teste, cadência, velocidade, número de passos, comprimento e a altura do passo dentro e fora da água.

Primeiramente, foi solicitado que o indivíduo realizasse a caminhada fora da água; em seguida, foi solicitado que a caminhada fosse feita dentro da água. A caminhada dentro d'água foi realizada com a água próximo ao nível do esterno de cada indivíduo, visto que a piscina que foi utilizada para o teste, apresenta vários níveis de profundidade, permitindo assim, o devido ajuste. A figura 17 apresenta o fluxograma com as etapas da coleta de dados desde o recrutamento dos pacientes e triagem até a realização do teste.

Figura 17 - Fluxograma do Procedimento.



Fonte: A Autora, 2018.

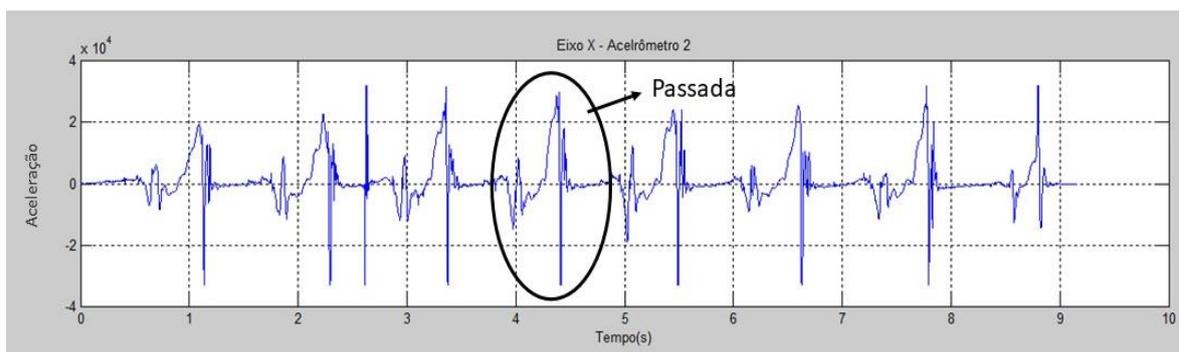
4.11 ANÁLISE DOS DADOS

Após a aquisição dos sinais de acelerometria, os dados foram enviados para o Matlab e plotados na tela para serem analisados pelo autor. O acelerômetro adquire sinais para o eixo X, Y e Z do paciente. Em relação a marcha, o eixo X corresponde ao comprimento da passada e o eixo Z corresponde a altura da passada. O eixo Y corresponde aos possíveis desequilíbrios com movimentos para direita e esquerda e não foi analisado por não fazer parte do objetivo da pesquisa. Portanto, a análise foi feita apenas no eixo X e Z. Toda a análise foi feita tanto para a perna direita quanto para a perna esquerda.

As figuras 18, 19, 20 e 21 representam os gráficos da marcha de um dos pacientes que participaram da pesquisa. A figura 18 mostra o gráfico do eixo X referente ao comprimento da passada na terra e a figura 19 corresponde ao gráfico do eixo X referente ao comprimento da passada na água. Cada passada foi analisada de forma individual, utilizando um algoritmo para obter a média do comprimento da passada. Segundo Yoneyama (2014), o comprimento da passada é a distância entre o contato de um pé com o solo e o próximo contato do mesmo pé com o solo; e o comprimento do passo é a distância entre o toque do calcanhar de um pé no solo e o toque do calcanhar do outro pé no solo.

Foram 8 passadas com a perna direita em 9 segundos num percurso de 8 metros na terra (Figura 18) e 7 passadas com a perna direita em 18 segundos na água na mesma distância (Figura 19). Foi calculado a média do comprimento de cada passada e em seguida a média geral.

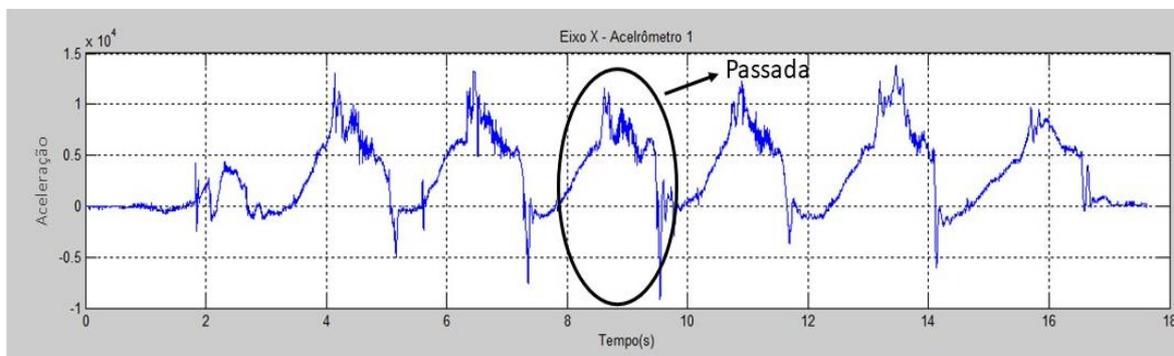
Figura 18 - Eixo X correspondente ao comprimento da passada na terra.



Fonte: A Autora, 2019.

Eixo X acelerômetro 2: caminhada fora da água. Membro inferior direito.

Figura 19 - Eixo X correspondente a caminhada da passada na água.

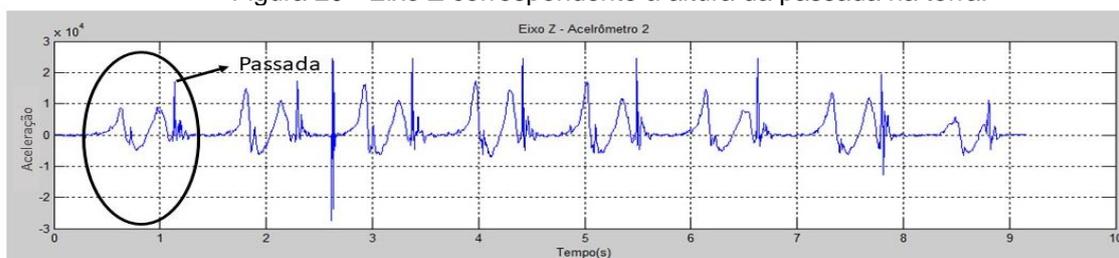


Fonte: A Autora, 2019.

Eixo X acelerômetro 2: caminhada dentro da água. Membro inferior direito.

A (figura 20) mostra o gráfico do eixo Z, referente a altura da passada na terra e a figura 21 mostra o gráfico do eixo Z, referente a altura da passada na água. Cada passada foi analisada de forma individual utilizando um algoritmo para obter a média da altura. Foi calculado a média da altura de cada passada e em seguida a média geral.

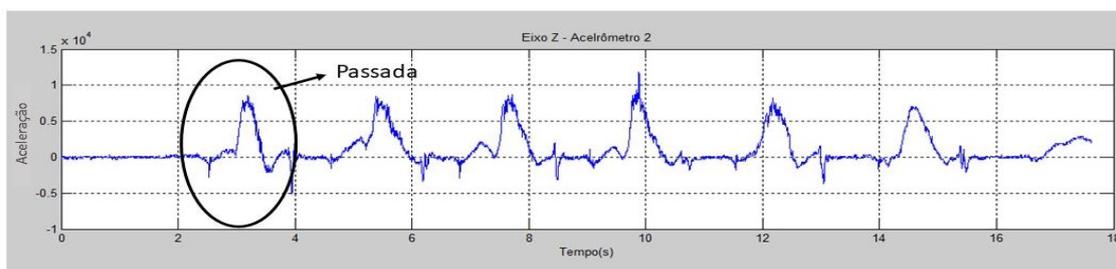
Figura 20 - Eixo Z correspondente à altura da passada na terra.



Fonte: A Autora, 2019.

Eixo Z acelerômetro 2: caminhada fora da água.

Figura 21 - Eixo Z correspondente à altura da passada na água.

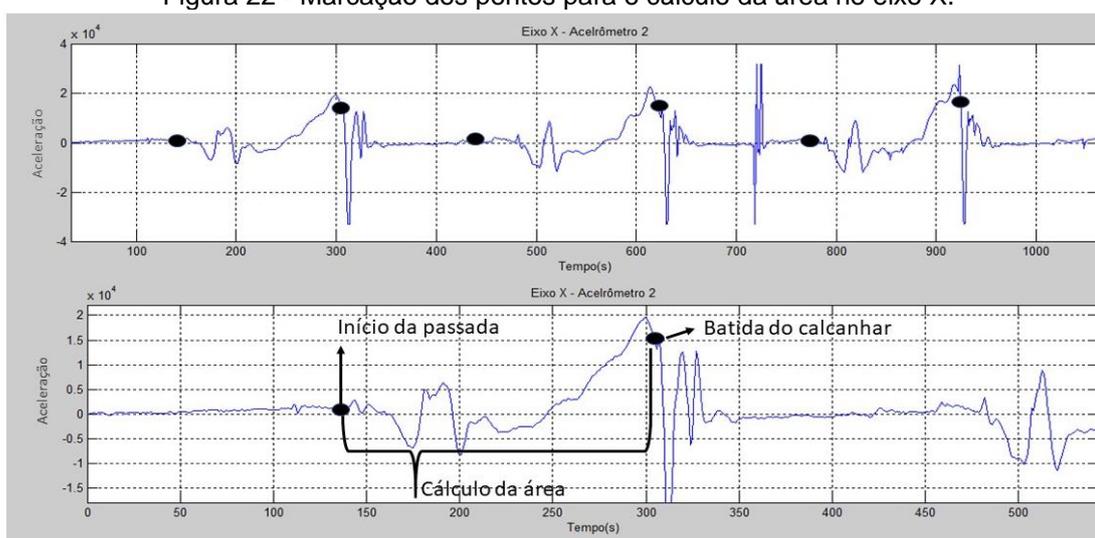


Fonte: A Autora, 2019.

Eixo Z acelerômetro 2: caminhada dentro da água.

O cálculo de cada passada foi feito utilizando um algoritmo no Matlab, após a marcação de pontos, para o cálculo da área de cada passada, conforme mostra as figuras 22 e 23 tanto para o eixo X na terra e na água quanto para o eixo Z na terra e na água. O primeiro ponto da passada foi identificado imediatamente antes do início da passada. O final da passada foi identificado no momento da batida do calcanhar, provocando uma onda subamortecida gerada pelos acelerômetros. A figura 24 apresenta as equações utilizadas.

Figura 22 - Marcação dos pontos para o cálculo da área no eixo X.



Fonte: A Autora, 2019.

Figura 23 - Marcação dos pontos para o cálculo da área no eixo Z.



Fonte: A Autora, 2019.

Figura 24 - Equações da velocidade do deslocamento

$$v = v_0 + aT$$

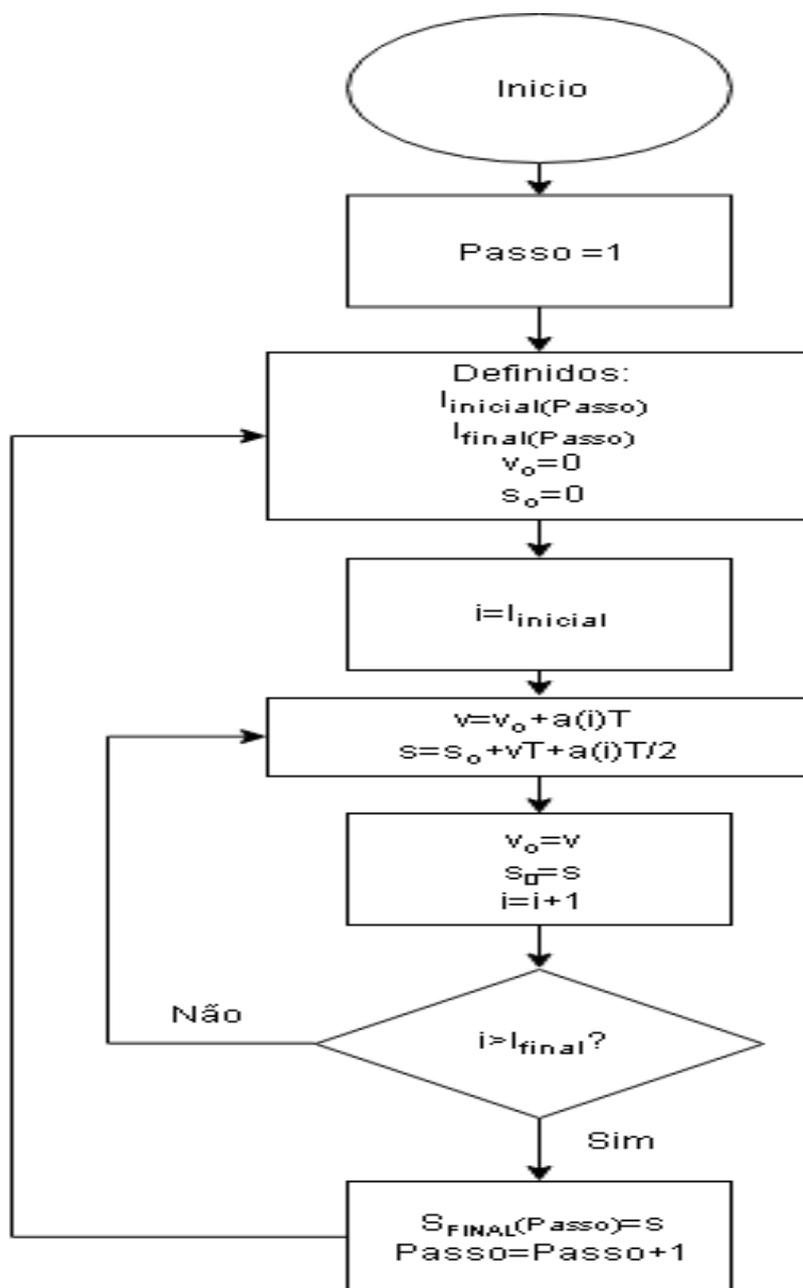
$$s = s_0 + v T + \frac{aT^2}{2}$$

- V=velocidade final
- V0=velocidade inicial
- a= aceleração
- T=tempo
- s= deslocamento final
- s0= deslocamento inicial

Fonte: A Autora, 2019.

O cálculo do espaço foi realizado para cada passo separadamente para minimizar os efeitos dos erros atrelados a captação do sinal. Foi delimitado o ponto final e inicial de cada passo nas amostras coletadas. O seguinte algoritmo foi implementado, considerando a velocidade e o espaço iniciais iguais a zero (figura 25):

Figura 25 - Algoritmo implementado para o cálculo do espaço



Fonte: A Autora, 2019.

Após o início do algoritmo, o primeiro passo é selecionado e os parâmetros iniciais são salvos ($v_o=0$, $s_o=0$, tempo inicial do passo - $l_{inicial}$ - e tempo final do passo - l_{final}). Como o cálculo é feito para cada passo separadamente, a variável i é carregada com o tempo inicial do passo. Após isto, é feito o cálculo da velocidade e espaço para este ponto. Então, como o cálculo das variáveis é cumulativo, os valores calculados

na etapa anterior são salvos em v_0 e s_0 , além da variável i ser incrementada. Enquanto o passo não for finalizado o programa repete o cálculo do espaço e da velocidade. Se o passo for finalizado, o programa salva o valor final do espaço, passa para o próximo passo e começa o cálculo novamente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

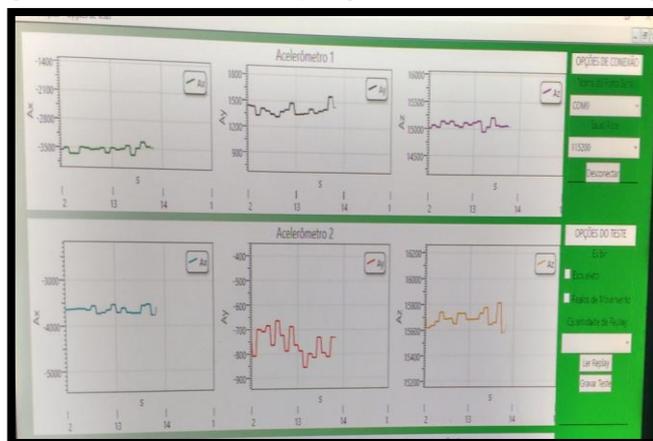
Os resultados deste trabalho serão apresentados nos tópicos a seguir acompanhado da respectiva discussão sobre o assunto.

5.1 RESULTADO DO TESTE E VALIDAÇÃO DE FUNCIONAMENTO DO INSTRUMENTO

O teste para funcionamento do instrumento foi realizado no próprio autor. O teste consistiu em uma caminhada de 08 metros, dentro e fora da água, para analisar o comportamento dos acelerômetros. Os dados foram enviados via *bluetooth* para o software Reability instalado no computador (Figura 26).

O software Reability foi desenvolvido no grupo de pesquisa de Engenharia Biomédica. Esta plataforma é modular, possibilitando a inserção de novas ferramentas de acordo com as necessidades e novas propostas de exercícios fisioterapêuticos, ao invés de um software específico e fechado para uma única aplicação. Esta ferramenta permite: armazenamento de dados, como registros bioelétricos e acelerometria assim como, o registro das sessões através de vídeo capturados pelo Kinect; captura e plotagem em tempo real dos sinais recebidos via comunicação Bluetooth; exibição de vídeo para o paciente aprender o exercício a ser executado no tratamento; processamento e plotagem dos sinais processados, para análise pós-execução dos exercícios (CAVALCANTE, 2015).

Figura 26 - Software de aquisição dos sinais de aceleração



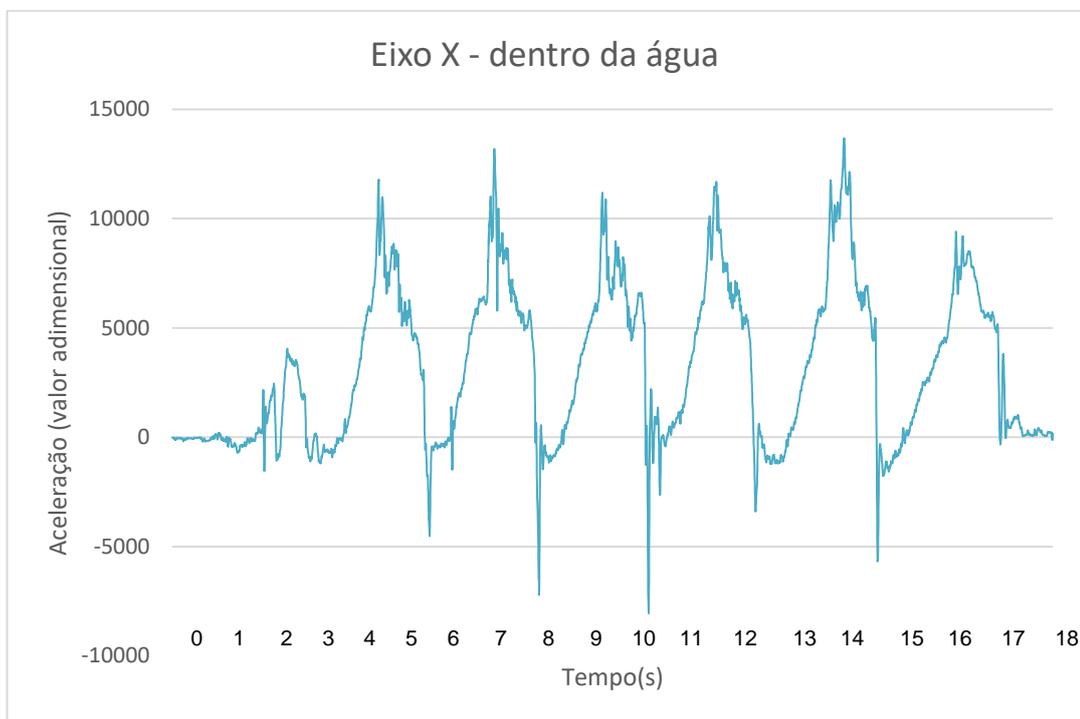
Fonte: A Autora, 2019.

A caminhada fora da água foi realizada no laboratório Laboratório de Interface Homem-Máquina da Universidade Federal de Pernambuco e a caminhada dentro da água foi realizada na Clínica Rogério Antunes.

Um dos primeiros desafios do sistema foi executar sua operação na água. Os primeiros testes mostraram falhas no sistema de vedação. Novas tentativas foram realizadas, sendo possível resolver o problema utilizando para impermeabilização e selagem dos acelerômetros, um verniz impermeabilizante e cola epóxi tipo Araldite.

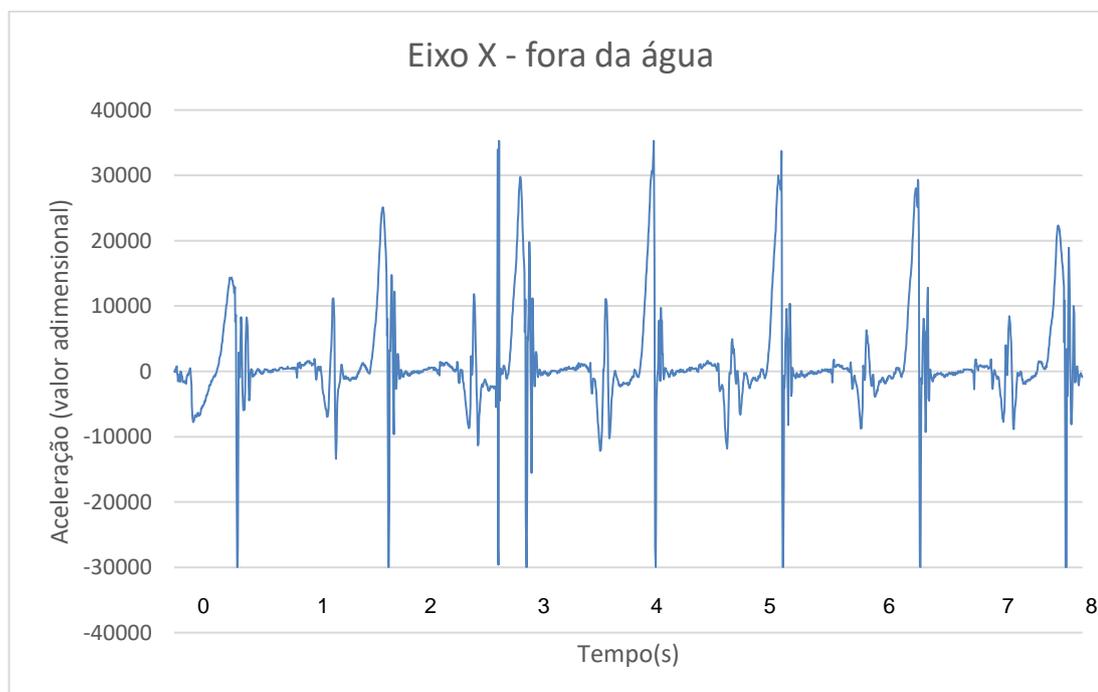
Comparando os gráficos do eixo X dentro e fora da água, mostrados respectivamente nas figuras 27 e 28, notamos que há uma redução significativa da aceleração de pico dentro da água e um aumento no tempo do teste. O número de passos também foi menor na água, foram 6 passadas na água e 8 passadas na terra. A caminhada na água torna-se necessariamente mais lenta, isso se baseia no fato de que a água oferece resistência a movimentos repentinos.

Figura 27 - Registro da acelerometria no eixo X da perna direita na água.



Fonte: A Autora, 2019.

Figura 28 - Registro da acelerometria no eixo X da perna direita na terra.



Fonte: A Autora, 2019.

5.2 RESULTADO DO TESTE PILOTO

Neste trabalho, foram adquiridos os dados de 5 pacientes. Em todos os pacientes foram realizados os cálculos do comprimento da passada, da altura da passada, número de passos, cadência, tempo para realização do teste e velocidade através dos dados de acelerometria, conforme descrito na metodologia.

5.2.1 Resultado individual da acelerometria de cada paciente

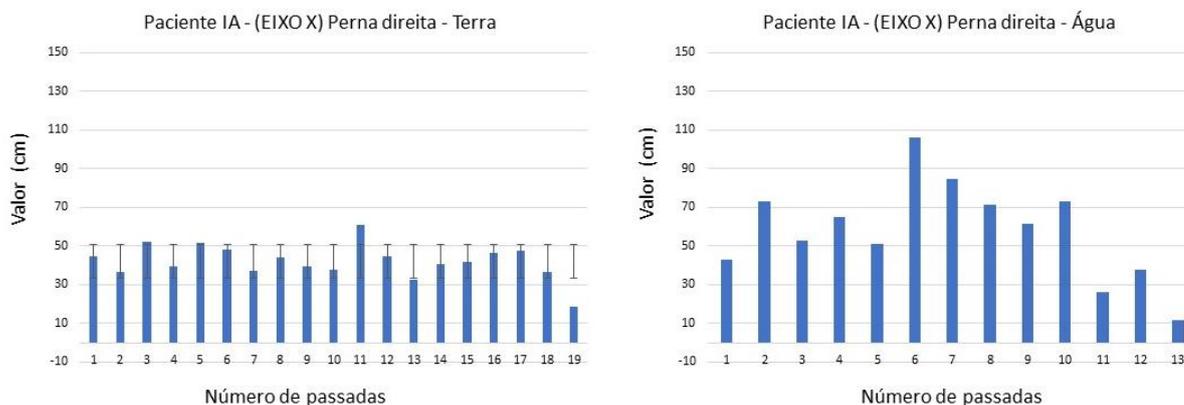
Paciente IA, Sexo masculino, 82 anos de idade, em estágio 3 da escala HY, com diagnóstico de DP desde 2009. Observando a figura 29, referente aos gráficos do comprimento da passada da perna direita na terra e na água, foi possível perceber que o paciente deu 19 passadas na terra e 13 passadas na água. A média do comprimento das passadas na terra e na água foi 42,10 cm e 53,33 cm respectivamente. Na água, houve um aumento considerável no comprimento da passada em comparação com a terra.

A média da altura das passadas (valor adimensional) na terra foi de 141,90 e na água a média das passadas foi 609,8607. Pode-se observar que também houve aumento considerável da altura da passada na água em comparação com a terra.

A cadência na terra foi 1,42 passos/segundos e 0,72 passos/segundos na água. Foi observado que também houve diminuição da velocidade (m/s) ao realizar o teste no meio aquático: 0,3 m/s na terra e 0,2 m/s na água. O tempo para realização do teste na terra foi 26 segundos e na água 36 segundos. Observando os resultados da cadência e velocidade, foi possível perceber que houve redução das duas variáveis na água.

A figura 29 representa o gráfico do eixo X correspondente ao comprimento da passada.

Figura 29 - Gráficos do eixo X da perna direita na terra e na água.



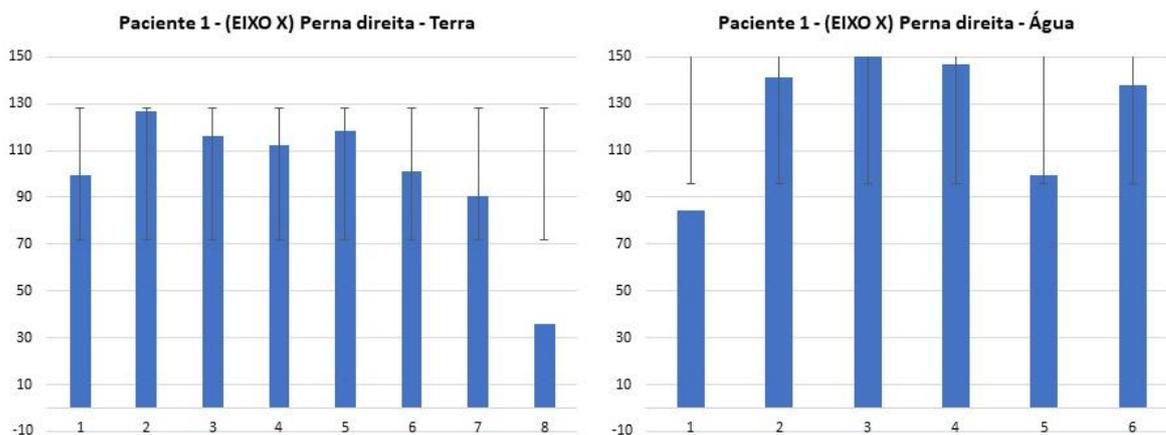
Fonte: A Autora, 2019.

Paciente CL, Sexo feminino, 50 anos de idade, em estágio 1 da escala HY, obteve diagnóstico de DP em 2011. Observando a figura 30, referente aos gráficos do comprimento da passada da perna direita na terra e na água, foi possível perceber que a paciente deu 8 passadas na terra e 6 passadas na água. A média do comprimento das passadas na terra e na água foi 42,10 cm e 53,33 cm respectivamente. A média da altura das passadas (valor adimensional) na terra foi de 683,8 e na água a média da altura das passadas foi 1416,2. Na água, houve aumento no comprimento e altura das passadas.

A cadência na terra foi 1,78 passos/segundos e 0,67 passos/segundos na água. Foi observado que também houve diminuição da velocidade (m/s) ao realizar o teste no meio aquático: 0,9 m/s na terra e 0,4 m/s na água. O tempo para realização do teste na terra foi 9 segundos e na água 18 segundos. Foi possível perceber que houve redução da cadência e velocidade na água.

A figura 30 representa o gráfico do eixo X correspondente ao comprimento da passada.

Figura 30 - Gráficos do eixo X da perna direita na terra e na água.



Fonte: A Autora, 2019.

Paciente EB, Sexo masculino, 87 anos de idade, em estágio 2 da escala HY, obteve diagnóstico de DP em 2014. O paciente deu 12 passadas na terra e 11 passadas na água. A média do comprimento das passadas na terra foi de 66.66 cm e na água foi 72.73 cm. Na água, houve aumento no comprimento da passada em comparação com a terra.

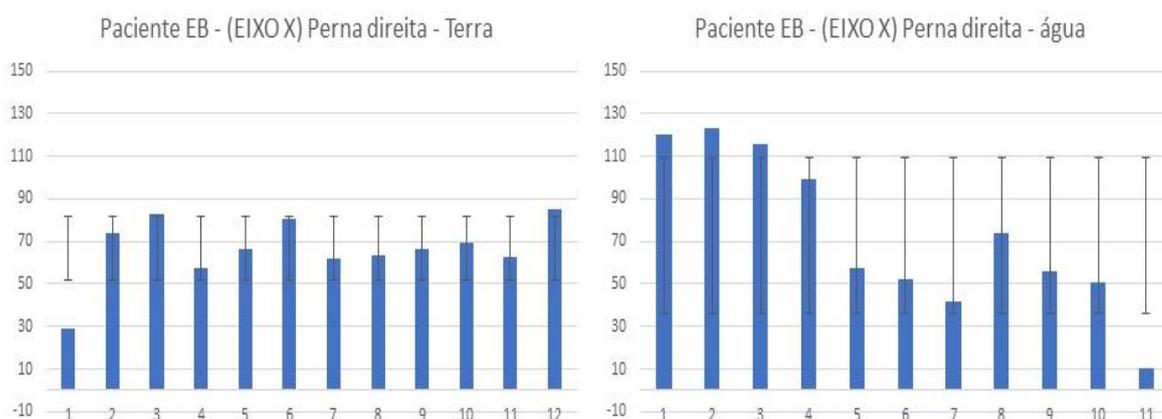
A média da altura das passadas (valor adimensional) na terra foi de 538,4 e na água a média da altura das passadas foi 811,1. Pode-se observar que também houve aumento considerável da altura da passada na água em comparação com a terra.

A cadência na terra foi 1,42 passos/segundos e 0,73 passos/segundos na água. Foi observado que também houve diminuição da velocidade (m/s) ao realizar o teste no meio aquático: 0,4 m/s na terra e 0,3 m/s na água. O tempo para realização do teste na terra foi 19 segundos e na água 30 segundos. Observando os resultados da

cadência e velocidade, foi possível perceber que houve redução das duas variáveis na água.

A figura 31 mostra os gráficos correspondentes ao eixo X (comprimento da passada) da perna direita do paciente durante a marcha na água e na terra.

Figura 31 - Gráficos do eixo X da perna direita na terra e na água.



Fonte: A Autora, 2019.

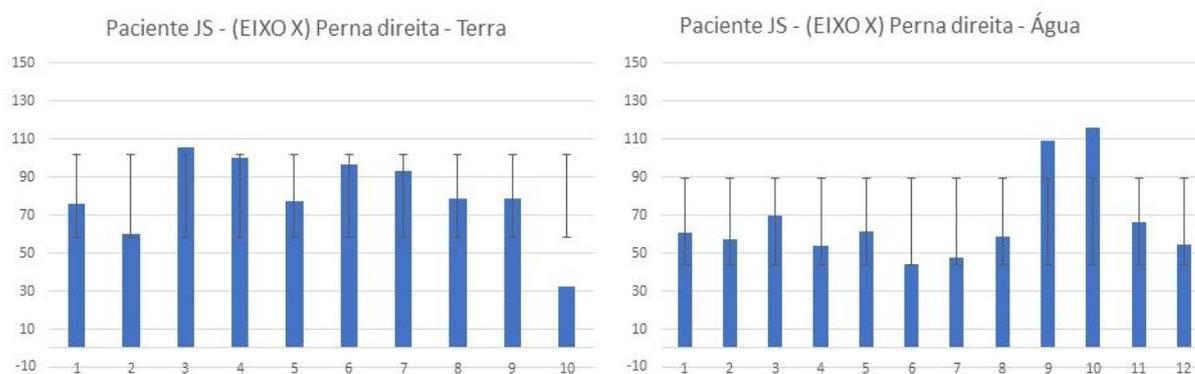
Paciente JS, Sexo masculino, 88 anos de idade, em estágio 3 da escala HY, obteve diagnóstico de DP em 2017. Houve um aumento no número de passos na água e conseqüentemente redução no comprimento da passada no ambiente aquático devido ao fato do paciente não estar habituado com o ambiente e ter apresentado insegurança durante a caminhada, além de se tratar de um paciente em estágio 3 na escala de HY. Na terra foram 10 passadas e na água foram 12 passadas. A média do comprimento das passadas na terra foi de 80,00 cm e na água foi 66,67 cm.

A média da altura das passadas (valor adimensional) na terra foi de 673,3 e na água a média da altura das passadas foi 556,1. Pode-se observar que também houve redução da altura da passada na água em comparação com a terra.

A cadência na terra foi 1,31 passos/segundos e 0,76 passos/segundos na água. Houve diminuição da velocidade (m/s) ao realizar o teste no meio aquático: 0,5 m/s na terra e 0,2 m/s na água. O tempo para realização do teste na terra foi 16 segundos e na água 34 segundos. Observando os resultados da cadência e velocidade, foi possível perceber que houve redução das duas variáveis na água.

A figura 32 mostra os gráficos correspondentes ao eixo X (comprimento da passada) da perna direita do paciente durante a marcha na água e na terra.

Figura 32 - Gráficos do eixo X da perna direita na terra e na água.



Fonte: A Autora, 2019.

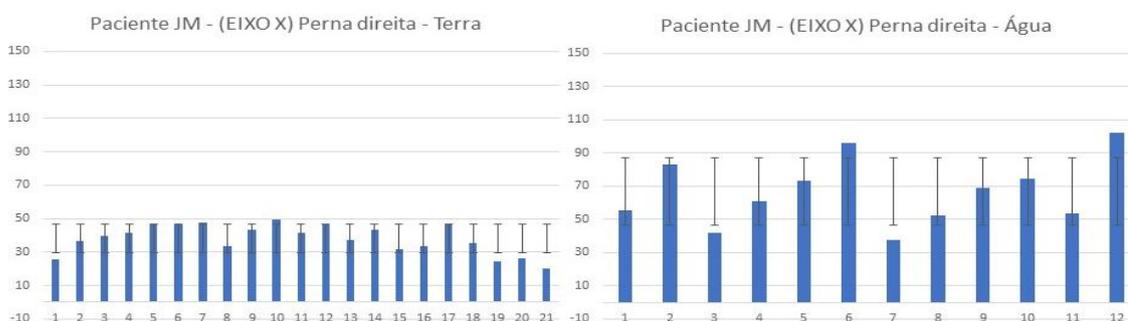
Paciente JM, Sexo feminino, 75 anos de idade, em estágio 3 da escala HY, obteve diagnóstico de DP em 2017. Observando a figura 33, referente aos gráficos do comprimento da passada da perna direita na terra e na água, foi possível perceber que a paciente deu 21 passadas na terra e 12 passadas na água. A média do comprimento das passadas na terra foi de 36,36 cm e na água a média das passadas foi 61,54. Na água, houve um aumento bastante significativo no comprimento da passada em comparação com a terra.

A média da altura das passadas (valor adimensional) na terra foi de 630 e na água a média da altura das passadas foi 1050. Pode-se observar que também houve aumento considerável da altura da passada na água em comparação com a terra.

A cadência na terra foi 1,30 passos/segundos e 0,54 passos/segundos na água. Foi observado que também houve diminuição da velocidade (m/s) ao realizar o teste no meio aquático: 0,4 m/s na terra e 0,2 m/s na água. O tempo para realização do teste na terra foi 33 segundos e na água 46 segundos. Observando os resultados da cadência e velocidade, foi possível perceber que houve redução das duas variáveis na água.

A figura 33 mostra os gráficos correspondentes ao eixo X (comprimento da passada) da perna direita do paciente durante a marcha na água e na terra.

Figura 33 - Gráficos do eixo X da perna direita na terra e na água.



Fonte: A Autora, 2019.

5.2.2 Resultado da acelerometria do grupo

Participaram da pesquisa um total de 5 pessoas com Doença de Parkinson nos estágios de 1 a 3 da escala de Hoehn e Yahr (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização da Amostra (n=5).

Paciente	HY	Idade	Sexo	Tempo de Doença	Faz Fisioterapia
CL	1	50	F	8	Não
EB	2	87	M	5	Sim
JS	3	88	M	2	Não
IA	3	82	M	10	Sim
JM	3	75	F	2	Sim

Fonte: A Autora, 2019.

F: feminino. M: masculino

Os parâmetros foram expressos através das medidas de tendência central e de dispersão (média e desvio padrão).

Tabela 2 - Diferença dos valores dos parâmetros espaço-temporais da caminhada na terra e na água. (n=5).

Variáveis	Terra	Água	Diferença da média
Comprimento da passada direita (cm)	67 (26)	78 (32)	11
Comprimento da passada esquerda (cm)	65 (26)	75 (33)	10
Número de passos	29 (11)	22 (6)	7
Cadência (passo/segundos)	1,4 (0,2)	0,7 (0,1)	0,7
Tempo (s)	21 (9)	33 (10)	12
Velocidade (m/s)	0,5 (0,3)	0,3 (0,1)	0,2

Fonte: A Autora, 2019.

Valores expressos em média (desvio padrão)

Tabela 3 - Diferença dos valores da altura da passada durante a caminhada na terra e na água. (n=5).

Variáveis	Terra	Água	% Dif.
Altura da passada direita (valor adimensional)	533 (226)	979 (320)	54
Altura da passada esquerda (valor adimensional)	441 (261)	786 (371)	56

Fonte: A Autora, 2019.

Valores expressos em média (desvio padrão)

Nas variáveis “Comprimento da passada” (Tabela 2) e “Altura da passada” (Tabela 3), quando comparado nos dois meios em que os testes foram realizados, observou-se um aumento do comprimento e da altura ao ser executado na água. Isso ocorre pela presença do empuxo ou flutuação que, segundo Caromano 2002, é uma força de sentido contrário à gravidade, proporcionando ao corpo imerso um efeito de sustentação. A flutuação pode ser usada para facilitar o movimento. Portanto, neste estudo, foi evidenciado que durante a caminhada, na fase de balanço, o empuxo auxiliou o deslocamento vertical do pé do indivíduo com DP, favorecendo um aumento na altura da passada. Isso desencadeou a ampliação da fase de balanço e consequente aumento no comprimento da passada durante a caminhada na água. Assim, através desta pesquisa, há evidências claras de que as propriedades físicas da água contribuem positivamente para o aumento dessas variáveis.

A distância percorrida na água foi a mesma percorrida na terra, ou seja, 8 metros. Então, ao observar a tabela 2, é possível constatar que houve redução do “Número de Passos” por consequência do aumento do comprimento da passada no meio aquático.

Macdermid et al. (2017) utilizaram acelerômetros tri-axiais em seis atletas que correram durante 15 minutos em esteiras na água e na terra. Eles observaram

redução na aceleração, aumento no comprimento da passada e maior tempo de oscilação por passada durante a corrida em esteira na água em comparação com a corrida em esteira na terra. Houve também redução do impacto na batida do calcanhar durante a corrida em esteira na água pela presença do empuxo.

Houve redução da velocidade e cadência dentro da água e consequente aumento do tempo do teste de caminhada na água em comparação com o teste realizado na terra (Tabela 2). Conforme Souza et al. (2014), a água oferece uma resistência pela presença da viscosidade e pressão hidrostática cuja consequência é a redução da velocidade, promovendo um aumento no tempo de elaboração da resposta motora e ajustes posturais. Por isso, o paciente consegue retomar padrões de movimento com maior facilidade na água ao se comparar com exercícios na terra, mesmo diante do imobilismo na Doença de Parkinson.

A viscosidade é a propriedade física inerente ao atrito do fluido e atua como resistência ao deslocamento na água durante a caminhada (CAROMANO, 2002). Outra propriedade física da água, mencionada acima, também relacionada à resistência no meio aquático, é a Pressão Hidrostática, cuja definição é a pressão exercida pelo líquido sobre o corpo submerso. Assim, quanto maior profundidade estiver o corpo, maior será a pressão sofrida por ele. Portanto, a pressão hidrostática será maior na região dos membros inferiores num indivíduo que esteja em pé na água (RUOTI; MORRIS; COLE, 2000).

5.2.3 Resultado do paciente não contabilizado na estatística

Neste item, será descrito o resultado do paciente que não foi contabilizado na estatística, pois não foi possível analisar os dados da acelerometria na terra. Trata-se

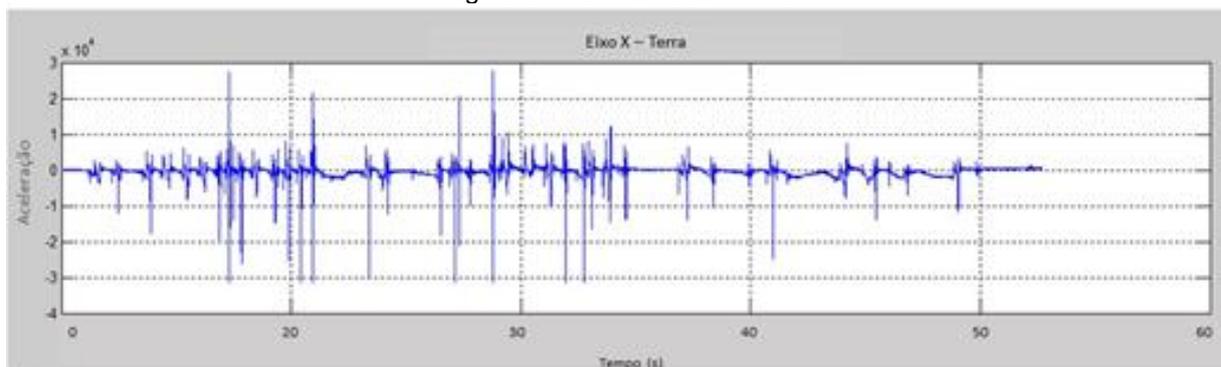
de um paciente do sexo masculino, 62 anos de idade, em estágio 3 da escala HY, com diagnóstico de DP desde 2009.

Não foi possível realizar os cálculos da análise dos dados da acelerometria do teste de caminhada na terra deste paciente por ele apresentar, naquele dia, grande dificuldade para caminhar sozinho. Ele apresentou episódios mais intensos de congelamento; redução de comprimento e altura do passo, caracterizando uma marcha com passos curtos e arrastado; e considerável alteração postural. Além disso, realizou a caminhada com apoio do fisioterapeuta.

Na água, o paciente conseguiu realizar a caminhada sem auxílio do fisioterapeuta e apresentou uma excelente desenvoltura ao comparar à caminhada na terra. Portanto, foi possível realizar a análise da acelerometria deste paciente no meio aquático.

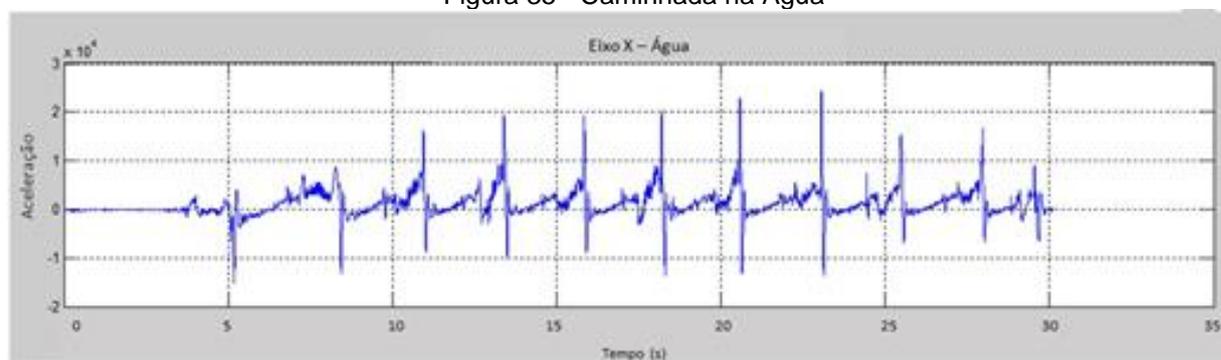
A figura 31 mostra o gráfico da caminhada na terra, em que é possível perceber várias pausas durante a caminhada e um tempo de aproximadamente 1 minuto para realizar a caminhada de 8 metros. Por outro lado, a figura 32 mostra o gráfico da caminhada na água, sendo possível observar uma marcha sem interrupções. Como já informado anteriormente, pode-se apenas analisar os parâmetros espaço-temporais da marcha na água. Portanto, a média do comprimento da passada na água foi de 80,00cm e a altura foi 642,71 (valor adimensional), numa caminhada com 10 passadas, cuja cadência foi de 20 passos/segundos.

Figura 34 - Caminhada na Terra



Fonte: A Autora, 2019.

Figura 35 - Caminhada na Água



Fonte: A Autora, 2019.

6 CONCLUSÕES

Os achados dessa pesquisa mostram que a aquisição do sinal de acelerometria, dentro e fora da água, é capaz de analisar e quantificar, através de um algoritmo, os parâmetros espaço-temporais da marcha em pessoas com DP.

Apesar da pequena quantidade de sujeitos avaliados, a análise dos dados apresentou resultado satisfatório para validar os aspectos funcionais do equipamento. Isso porque houve exacerbado cuidado na escolha dos acelerômetros e em todas as etapas posteriores até o processamento dos dados, o que garantiu a eficiência e eficácia do instrumento desenvolvido.

Os resultados sugerem que o ambiente aquático favorece uma melhora na marcha da pessoa com DP, sendo possível perceber que o comprimento da passada na água apresentou aumento em comparação ao comprimento da passada na terra. Foi observado também, a redução do número de passos, cadência e velocidade na água. Possivelmente, esses resultados estão relacionados à presença das propriedades físicas da água que oferecem uma resistência ao movimento, promovendo um aumento no tempo de elaboração da resposta motora e ajustes posturais. Esses achados são bastante positivos, tornando possível obter uma melhora na qualidade do passo e passada durante a caminhada.

Novos estudos com um maior número amostral podem trazer mais informações a respeito do efeito da atividade em ambiente aquático, possibilitando a comparação com a atividade realizada na terra a fim de sugerir novas alternativas de tratamento aos pacientes com DP.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

- Realizar um ensaio clínico utilizando o instrumento de acelerometria para analisar a marcha e equilíbrio em pacientes com DP na água e na terra, utilizando o instrumento de análise antes e após a fisioterapia aquática, como também antes e após a fisioterapia motora. Por fim, comparar os resultados com a finalidade de verificar a melhor alternativa de tratamento para esses pacientes.
- Utilizar a eletromiografia de superfície em conjunto com a acelerometria para analisar tanto os parâmetros espaço-temporais da marcha quanto a atividade elétrica muscular na água e na terra através do EMG.

REFERÊNCIAS

- BENOIT, C. E.; BELLA, S. D.; FARRUGIA, N.; OBRIG, H.; MAINKA, S.; KOTZ, S. A. Musically cued gait-training improves both perceptual and motor timing in Parkinson's disease. *Frontiers in Human. Neuro science*, v. 8, n. 494. 2014. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2014.00494/full>. Acesso em: 15 out. 2018.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria conjunta nº 10, de 31 de outubro de 2017**. Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas da Doença de Parkinson. Disponível em: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/novembro/14/Portaria-Conjunta-PCDT-Doenca-de-Parkinson.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria SAS/MS no 228, de 10 de maio de 2010**. Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas, Doença de Parkinson. (Republicada em 27.08.10). Disponível em: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2014/setembro/19/pcdt-parkinson-republicado-2010.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- BRYANT, M.S.; RINTALA, D. H.; HOU, J.G.; COLLINS, R. L.; PROTAS, E. J. Gait variability in Parkinson's disease: levodopa and walking direction. *Acta Neurologica Scandinavica*, v.134, n.1, p.83-86, 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/ane.12505>. Acesso em: 12 fev. 2019.
- CALHAU, A. **Análise cinemática da marcha**. Disciplina de biomecânica do movimento. Mestrado integrado em engenharia Biomédica. Instituto Superior Técnico- Departamento de Física, 4o Ano, 1o Semestre 2007. Disponível em: <https://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Analise-Cinematica-Da-Marcha/73361569.html>. Acesso em: 20 fev. 2019.
- CAVALCANTE, E. L. **Plataforma dinâmica de avaliação fisioterápica**. 2015 68f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/25385/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Erico%20Leite%20Cavalcante.pdf>. Acesso em: 15 out. 2018.
- CRUZ, B. S.; SILVA, S.R. Abordagem da Fisioterapia Aquática no equilíbrio e na marcha de paciente parkinsoniano: estudo de caso. **Congrega Urcamp** 2017, Bagé, v.1, n.1, p.1-13, out. 2017. Disponível em: <http://revista.urcamp.tche.br/index.php/rcmtcc/article/view/1594>. Acesso em: 15 out. 2018.
- CUNHA M. C. B; ALONÇO, A. C; SILVA, T. M; RAPHAEL, A. C. B; MOTA, C. F. Ai Chi: Efeitos do Relaxamento Aquático no Desempenho Funcional e Qualidade de Vida em Idosos. **Fisioter. Mov.**, v. 23, n. 3, p. 409-417. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-51502010000300008. Acesso em: 22 nov. 2018.
- DIN, S. D; GODFREY, A; ROCHESTER, L. Validation of an Accelerometer to Quantify a Comprehensive Battery of Gait Characteristics in Healthy Older Adults

and Parkinson's Disease: Toward Clinical and at Home Use. **IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics**, v. 20, n. 3. 2016. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7078919>. Acesso em: 05 mai. 2018.

FERREIRA, M.P. Os **Efeitos de exercícios físicos aquáticos no equilíbrio corporal de pessoas com doença de Parkinson**. 2015.114f. Dissertação (Mestrado em Educação Física com área de concentração Exercício e Esporte). - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/39316>. Acesso em: 27 mar. 2018.

FUKUNAGAA, J. Y; QUITSCHALA, R. M; DONÁB, F; FERRAZC, H. B; GANANÇAD, M. M; CAOPELLAE, H. H. Postural control in Parkinson's disease. **Braz J Otorhinolaryngol**, v. 80, n. 6, p. 508-514, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1808-86942014000600508&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 15 out. 2018.

GOULART, F., PEREIRA L.X. Uso de Escalas para Avaliação da Doença de Parkinson em Fisioterapia. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 2, n. 1, p. 49-56, 2005. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/fpusp/article/view/76385>. Acesso em: 10 jun. 2018.

HAASE, D. C. B. V.; MACHADO, D. C.; OLIVEIRA, J, G, D. Atuação da Fisioterapia no paciente com doença de Parkinson. **Fisioterapia e Movimento**, v. 21, n.1, p.79-85, 2008. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/fisio/article/view/19033>. Acesso em: 27 mar. /2018.

HOEHN M. M; YAHR M. D. *Parkinsonism: onset, progression, and mortality*. **Neurology**, v. 17, p. 427-42, 1967. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Parkinsonism%3A-onset%2C-progression-and-mortality.-Hoehn-Yahr/9c505fdd165d4220d15a96c86debab59bc775dbb>. Acesso em: 15 out. 2018.

KEUS, S. H; KNGF *Guidelines for physical therapy in patients with Parkinson's disease*. **Dutch Journal of Physiotherapy**, v. 114, n. 3, p.1-92, 2004. Disponível em: <http://www.appde.eu/pdfs/Dutch%20Parkinson%27s%20Physiotherapy%20Guidelines.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2017.

KIM, H; LEE, H. J; LEE, W; KWON, S; KIM, S. K; JEON, H. S; PARK, H; SHIN, C. W; YI, W. J; JEON, B. S; PARK, K. S. Unconstrained Detection of Freezing of Gait in Parkinson's Disease Patients Using Smartphone. **IEEE**, 2015 Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26737109>. Acesso em: 12 fev. 2019.

KIM, S.D; ALLEN, N.E; CANNING, C.G; FUNG, V.S.C Postural Instability in Patients with Parkinson's disease: Epidemiology, pathophysiology and management. **CNS Drugs**, v. 27, n. 2, p. 97–112, 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40263-012-0012-3>. Acesso em: 12 fev. 2019.

LOBATO, L. D; DIAS, J.M. A eficácia da terapia aquática em paciente com Doença de Parkinson. **Revista Eletrônica Estácio Saúde**, v. 4, n. 2, p.117-124, 2015.

Disponível em:

<http://periodicos.estacio.br/index.php/saudesantacatarina/article/view/1757>. Acesso em: 06 jan. 2019.

MACDERMID, P. W; FINK, P. W; STANNARD, S. R. Shock attenuation, spatio-temporal and physiological parameter comparisons between land treadmill and water treadmill running. **Journal of Sport and Health Science**, v. 6, p. 482–488, 2017.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095254615001301>. Acesso em: 06 jan. 2019.

MAGARREIRO, João. **Protocolo de recolha e processamento de dados 3D cinemáticos e cinéticos da marcha em regime laboratorial e ambulatório**.

Dissertação de Mestrado em Engenharia Biomédica – Desporto e Reabilitação.

Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, 2015. Disponível em:

https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/8236/1/Dissertacao_MEBDR_ESTSetubal_Joao_Magarreiro_120289014.pdf. Acesso em: 13 ago. 2018.

MATSUMOTO, L; MAGALHÃES G; ANTUNES G.L; TORRIANI-PASIN, C. Efeitos do estímulo acústico rítmico na marcha de pacientes com Doença de Parkinson. **Rev Neurocienc**, v. 22, n. 3, p.404-409, 2014. Disponível em:

<http://www.revistaneurociencias.com.br/edicoes/2014/2203/Original/965original.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2018.

MELLO, M.P.B; BOTELHO, A.C.G. Correlação das escalas de avaliação utilizadas na doença de Parkinson com aplicabilidade na fisioterapia. **Rev. Fisioter Mov**, v. 23, n. 1, p.121-27, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-51502010000100012&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 24 set. 2018.

MORAES, C. R. **Desenvolvimento de um joelho eletrônico para utilização em próteses transfemorais**. 2018. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica).

- Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018. Disponível em:

<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/32238>. Acesso em: 15 out. 2018.

MUNIZ, A. M. S. **Quantificação da Marcha Humana Utilizando Análise de Componentes Principais para Avaliação de Procedimentos Terapêuticos**. 2008. 114f.

Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica). - Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2008. Disponível em:

http://www.peb.ufrj.br/teses/Tese0079_2008_11_12.pdf. Acesso em: 13 ago. 2008.

NOVAES, R.D; MIRANDA A.S; DOURADO V.Z. Usual gait speed assessment in middle-aged and elderly Brazilian subjects. **Rev Bras Fisioter**, v. 15, n. 2, p.117-22, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-35552011000200006, Acesso em: 15 out. 2018.

PAZETO, A. C; PEREIRA, A. A; OLIVEIRA, L. T. DESENVOLVIMENTO DE UM SOFTWARE PARA ANÁLISE DE MARCHA UTILIZANDO ELETROMIOGRAFIA E ACELEROMETRIA. **REB**, v. 7, n. 4, p. 418-430, 2014. ISSN 1983-7682.

Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em:
<http://revistas.pucsp.br/reb/article/view/19599>. Acesso em: 06 jan. 2019.

PEREIRA, S.A.P. et al. Fisioterapia Aquática e sua influência na qualidade de vida do paciente parkinsoniano. **Revista inspirar: movimento & saúde**, v.12, n.1, p.6-10, 2017. Disponível em: <https://www.inspirar.com.br/revista/fisioterapia-aquatica-e-sua-influencia-na-qualidade-de-vida-do-paciente-parkinsoniano/>. Acesso em: 12 abr. 2019

PINHEIRO, P. **Doença de Parkinson**. 2019. Disponível em:
<https://www.mdsaude.com/neurologia/mal-de-parkinson>. Acesso em: 20 de abril 2019.

PRINGSHEIM T; JETTE N; FROLKIS A; STEEVES T.D. The prevalence of Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis. **Mov Disord**, v. 29, n. 13, p.1583–1590, 2014. Disponível em:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24976103>. Acesso em: 06 jan. 2019.

ROCHA, F. S; MARRANGHELLO, G, F. Propriedades de um acelerômetro eletrônico e possibilidades de uso no ensino de mecânica. **Lat. Am. J. Phys. Educ.** v. 7, n. 1, 2013. Disponível em:
http://www.lajpe.org/march13/6_LAJPE_739_Fabio_Saraiva_preprint_corr_f.pdf. Acesso em: 10 out. 2018.

RUOTI, R.G; MORRIS, D. M; COLE, A.J. **Reabilitação Aquática**. 1ed., São Paulo, Manole, 2000.

SANTOS, A. F. Aplicação de acelerômetros de baixo custo em sistemas automatizados de medição. 2007. Disponível em:
<http://web.posfemec.org/posmec/20/PDF/Duarte-Rosenda-POSMEC20AntonioFernandoMouraSantos.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2018.

SANTOS, C. P; VIEIRA, M. E. M; SÉRGIO L. STEVAN, J. S.L. **Sensores inerciais aplicados à marcha humana no esporte**. Trabalho apresentado no Seminário de Eletrônica e Automação – SEA 2016 – 19 a 21 de setembro de 2016. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/308780687_SENSORRES_INERCIAIS_APLICADOS_A_MARCHA_HUMANA_NO_ESPORTE. Acesso em: 12 fev. 2019.

SCALZO, P. L. et al. Impact of changes in balance and walking capacity on the quality of life in patients with Parkinson's disease. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 70, n. 2, p. 119–124, 2012. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-282X2012000200009. Acesso em: 06 jan. 2019.

SCALZO, P.L.; JÚNIOR, A. L. T. Participação dos núcleos da base no controle do tônus e da locomoção. **Fisioterapia e Movimento**. Curitiba, v. 22, n. 4, p.595-603, out./dez, 2009. Disponível em:
<https://periodicos.pucpr.br/index.php/fisio/article/viewFile/19519/18869>. Acesso em: 11 dez. 2018.

SEGURA, D. C. A. A evolução da marcha através de uma conduta cinesioterapêutica em pacientes hemiparéticos com seqüela de AVE. **Arq. ciências saúde UNIPAR**, v. 12, n. 1, p. 25-33, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.unipar.br/index.php/saude/article/view/2225>. Acesso em: 10 jan. 2019.

SOUSA, A. S. P. **Análise da Marcha Baseada em Correlação Multifatorial**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2009. 156f. Disponível em: https://paginas.fe.up.pt/~tavares/downloads/publications/teses/MSC_Andreia_Sousa.pdf. Acesso em: 07 nov. 2018.

SOUZA, C. F. M. et al. A doença de Parkinson e o processo de envelhecimento motor: Uma revisão de literatura. **Rev Neurocienc**, v. 19, n. 4, p. 718–723, 2011. Disponível em: <http://revistaneurociencias.com.br/edicoes/2011/RN1904/revisao%2019%2004/570%20revisao.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2018.

SOUZA, C.D.A. et al. Abordagem da fisioterapia aquática na Doença de Parkinson: Estudo de caso. **Rev Neurocienc**, v. 22, n. 3, p.453-7, 2014. Disponível em: http://www.revistaneurociencias.com.br/edicoes/2014/2203/Relato_de_Caso/954rc.pdf. Acesso em: 11 dez. 2018.

TEXEIRA Jr., J. B. **Sistema de Georeferenciamento Direto para Câmara de Pequeno Formato com Sincronismo GPS**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2010. 157f. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/2921/1/arquivo2024_1.pdf. Acesso em: 05 set. 2018.

TOBLE, A. M.; BASSO, R. P.; LACERDA A. C.; PEREIRA K., REGUEIRO E. M. G. et al. Hidrocinesioterapia no tratamento fisioterapêutico de um lactente com Síndrome de Down: estudo de caso. **Fisioterapia em Movimento**, v. 26, n. 1, p. 231-238, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/fm/v26n1/25.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2018.

WEISS A, HERMAN T, GILADI N, HAUSDORFF JM. New evidence for gait abnormalities among parkinson's disease patients who suffer from freezing of gait: insights using a body-fixed sensor worn for 3 days. **J. Neural Transm**, v. 122, n. 3, p. 403–410, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25069586>. Acesso em: 18 jan. 2019.

YONEYAMA, M; KURIHARA, Y; WATANABE, K; MITOMA, H. Accelerometry-Based Gait Analysis and Its Application to Parkinson's Disease Assessment— Part 2: A New Measure for Quantifying Walking Behavior. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 21, n. 6, 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23797284>. Acesso em: 13 nov. 2018.

YONEYAMA, M; KURIHARA, Y; WATANABE, K; MITOMA, H. Accelerometry-Based Gait Analysis and Its Application to Parkinson's Disease Assessment— Part 1: Detection of Stride Event. **IEEE Transactions on Neural Systems and**

Rehabilitation Engineering, v. 22, n. 3, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23661322>. Acesso em: 13 nov. 2018.

ZACH, H; DIRKX, M; BLOEM, B.R; HELMICH, R.C. The Clinical Evaluation of Parkinson's Tremor. **Journal of Parkinson's Disease**, v. 5, n. 3, p. 471-474, 2015. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26406126>. Acesso em: 13 nov. 2018.

ZAGO, M; SFORZAC, C; PACIFICIA, I; CIMOLINA, V; CAMEROTAE, F; CELLETTIE, C; CONDOLUCIF, C; PANDISG, M. F; GALLIA, M. Gait evaluation using inertial measurement units in subjects with Parkinson's disease. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 42, p. 44–48, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29940494>. Acesso em: 23 jan. 2019.



APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO DE LIVRE ESCLARECIMENTO

(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS - Resolução 466/12)

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar como voluntário (a) da pesquisa **ANÁLISE DA CAMINHADA DENTRO D'ÁGUA EM PESSOAS COM DOENÇA DE PARKINSON: UM ESTUDO COM ACELEROMETRIA**, que está sob responsabilidade da pesquisadora **Caroline De Cássia Batista De Souza – Endereço: Av. Vinte E Três De Outubro, 8043, Boa Viagem, Recife – PE, CEP: 51030-170; Telefone: (81) (9090) 997240020; E-mail: carolcb_souza@hotmail.com**, com orientação do Prof. Dr. **Marco Aurélio Benedetti Rodrigues, telefone: (81) (9090) 996504212; e-mail: mabrnedetti@gmail.com** e orientação da Prof.^a Dr.^a **Maria das Graças Wanderley de Sales Coriolano, telefone: (81) (9090) 98476-8060; e-mail: gracawander@hotmail.com**.

Caso este Termo de Consentimento contenha informações que não lhe sejam compreensíveis, as dúvidas podem ser tiradas com a pessoa que está lhe entrevistando e apenas ao final, quando todos os esclarecimentos forem dados, caso concorde com a realização do estudo pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias, uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável. Caso não concorde, não haverá penalização, bem como será possível retirar o consentimento a qualquer momento, também sem nenhuma penalidade.

O objetivo da pesquisa é avaliar e comparar a marcha dentro e fora da água em pessoas com Doença de Parkinson através da acelerometria. Serão 10 sujeitos voluntários com diagnóstico de DP que serão submetidos a uma caminhada de 08 metros, dentro e fora da água, com acompanhamento da acelerometria.

RISCOS: Existe o risco para o participante de constrangimento, pois durante a triagem será necessária à avaliação do grau de acometimento da doença, e esta avaliação deverá ser realizada sem o efeito da medicação de Parkinson (Levodopa). O participante será orientado a uma hora antes da sua avaliação, suspender seu uso para que o pesquisador possa verificar o estágio de acometimento da doença. Neste período de tempo alguns sintomas da doença: tremor, rigidez e lentidão dos movimentos, ficarão mais evidentes, o que pode causar constrangimento ao mesmo, contudo a avaliação é rápida, dura 10 minutos, não é invasiva nem dolorosa, e logo em seguida, o participante será orientado a ingerir seu medicamento. A água da piscina é devidamente tratada e diariamente é verificado o cloro e PH, para evitar que ocorra qualquer tipo de infecção nos pacientes. Caso o paciente venha a sentir alguma indisposição, mal-estar, náusea, tontura, entre outros, o teste será interrompido imediatamente e ele receberá os devidos cuidados. Se ocorrer algum problema de saúde grave com o paciente durante o teste, o SAMU será chamado imediatamente ou o paciente será levado para o Hospital da Restauração que fica próximo a clínica onde será feito o teste de caminhada dentro e fora da água. As informações desta pesquisa serão confidenciais e apenas serão divulgadas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos participantes, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação através da assinatura do TCLE.

BENEFÍCIOS: A pesquisa trará benefícios físicos e psicológicos, visto que a melhora da caminhada dentro da água proporcionará por consequência uma melhora na caminhada fora da água, mostrando que a fisioterapia dentro da água poderá ser mais uma opção de tratamento.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (entrevistas, fotos, filmagens, etc.), Os dados coletados nesta pesquisa, ficarão armazenados em DVD no Laboratório de Interface Homem-Máquina, sob a responsabilidade do pesquisador e do orientador Marco Aurélio Benedetti Rodrigues, no endereço Avenida da Arquitetura, s/n - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-550 pelo período de 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br).**

(assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____ RG, _____ CPF, _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo **ANÁLISE DA CAMINHADA DENTRO D'ÁGUA EM PESSOAS COM DOENÇA DE PARKINSON:UM ESTUDO COM ACELEROMETRIA**, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pela pesquisadora sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade ou interrupção de meu acompanhamento.

Local e data _____ / ____ / ____

Assinatura do voluntário: _____

Impressão

Digital

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar.

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:



APÊNDICE B - FICHA DE DADOS SOCIODEMOGRÁFICOS

Paciente: _____

Cuidador: _____ Telefones:

Sexo: () M () F Estado Civil: _____ Data de Nasc.: ____/____/____

Profissão:

Endereço: _____

Telefone(s) _____ do

Paciente: _____

Peso: Altura:

Grau de Instrução:

- | | |
|----------------------|------------------------|
| () Analfabeto | () Ignorado |
| () 1º grau completo | () 1º grau incompleto |
| () 2º grau completo | () 2º grau incompleto |
| () Nível superior | () Pós-graduação |

Diagnóstico médico: () Parkinson idiopático

Tempo de acometimento pela Doença de Parkinson: _____

Idade de início da doença: _____

Comorbidades:

() Diabetes Mellitus

() Cardiopatia.

() Tem restrição médica para realização de exercícios? **Solicitar parecer do cardiologista**

() Hipertensão arterial sistêmica

() Desequilíbrio

() Sofreu quedas recentes? _____

() Tem medo de cair? _____

() Tabagismo _____

() Alcoolismo _____

() Desnutrição

() Prótese

() Amputação

() Labirintite/ Vestibulopatias

() Problemas auditivos: _____

() Usa aparelho auditivo

() Problemas visuais: _____

Usa óculos: sim () não ()

() Outras doenças neurológicas:

() AVC () ELA () Outros: _____

É acompanhado por um médico de rotina? () Sim Nome do médico: _____ () Não

Atividades cotidianas: AVD (Atividades da Vida Diária), atividades de trabalho e lazer:

() Independente () Dependente () Semi-independente

Cirurgias: _____

—

Uso de medicações de rotina? () Sim () Não

Medicação	Dose	Horários
-----------	------	----------

Quanto tempo faz uso de medicação antiparkinsoniana?

Está fazendo fonoterapia? () Sim () Não

Caso a resposta seja afirmativa, por quanto tempo? _____

Está fazendo fisioterapia? () Sim () Não

Caso a resposta seja afirmativa, por quanto tempo? _____

Está fazendo terapia ocupacional? () Sim () Não

Caso a resposta seja afirmativa, por quanto tempo? _____

O Sr(a) tem alguma queixa ou alguma observação a fazer?

Assinatura do avaliador: _____

ANEXO A - ESCALA DE ESTADIAMENTO DE HOEHN & YAHR

Nome _____

Data da avaliação: _____

- () ESTÁGIO I – Doença unilateral apenas.
- () ESTÁGIO II – Doença bilateral leve.
- () ESTÁGIO III – Doença bilateral com comprometimento inicial da postura.
- () ESTÁGIO IV – Doença grave, necessitando de muita ajuda.
- () ESTÁGIO V – Preso ao leito ou cadeira de rodas. Necessita de ajuda total.

Assinatura do avaliador: _____

ANEXO B - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

 	UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE / UFPE-	
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP		
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA		
Título da Pesquisa: ANÁLISE DA CAMINHADA DENTRO D'ÁGUA EM PESSOAS COM DOENÇA DE PARKINSON: UM ESTUDO COM ELETROMIOGRAFIA E ACELEROMETRIA		
Pesquisador: CAROLINE DE CÁSSIA BATISTA DE SOUZA		
Área Temática:		
Versão: 2		
CAAE: 86285418.7.0000.5208		
Instituição Proponente: CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIENCIAS		
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio		
DADOS DO PARECER		
Número do Parecer: 2.695.690		
Apresentação do Projeto:		
Projeto de mestrado do Programa de PG em Engenharia Biomédica da UFPE		
Objetivo da Pesquisa:		
Geral:		

Situação do Parecer:	Aprovado				
Necessita Apreciação da CONEP:	Não				
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde</td> </tr> <tr> <td>Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-600</td> </tr> <tr> <td>UF: PE Município: RECIFE</td> </tr> <tr> <td>Telefone: (81)2126-8588 E-mail: cepccs@ufpe.br</td> </tr> </table>		Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde	Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-600	UF: PE Município: RECIFE	Telefone: (81)2126-8588 E-mail: cepccs@ufpe.br
Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde					
Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-600					
UF: PE Município: RECIFE					
Telefone: (81)2126-8588 E-mail: cepccs@ufpe.br					
<small>Página 03 de 04</small>					

 	UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE / UFPE-	
<small>Continuação do Parecer: 2.695.690</small>		
RECIFE, 06 de Junho de 2018		
<hr/> Assinado por: LUCIANO TAVARES MONTENEGRO (Coordenador)		