



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA – DEE
GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

BRUNA KAREN DE SOUSA COSTA QUEIROZ DA FONSÊCA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**SISTEMA DE COLETA E PROCESSAMENTO DE SINAIS RELATIVOS AOS
PADRÕES DE VIBRAÇÕES ATRAVÉS DE DISPOSITIVOS VESTÍVEIS COM FOCO
EM PORTADORES DA DOENÇA DE PARKINSON**

CAMPINA GRANDE

2018

BRUNA KAREN DE SOUSA COSTA QUEIROZ DA FONSÊCA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**SISTEMA DE COLETA E PROCESSAMENTO DE SINAIS RELATIVOS AOS
PADRÕES DE VIBRAÇÕES ATRAVÉS DE DISPOSITIVOS VESTÍVEIS COM FOCO
EM PORTADORES DA DOENÇA DE PARKINSON**

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de
Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Controle e Automação

Professor Danilo Freire de Souza Santos, D.Sc.

Orientador

CAMPINA GRANDE

2018

BRUNA KAREN DE SOUSA COSTA QUEIROZ DA FONSÊCA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**SISTEMA DE COLETA E PROCESSAMENTO DE SINAIS RELATIVOS AOS
PADRÕES DE VIBRAÇÕES ATRAVÉS DE DISPOSITIVOS VESTÍVEIS COM FOCO
EM PORTADORES DA DOENÇA DE PARKINSON**

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de
Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Controle e Automação

Aprovada em: ____/____/____

Professor Bruno Barbosa Albert, D.Sc.

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Avaliador

Professor Danilo Freire de Souza Santos, D.Sc.

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Orientador

“Este trabalho é dedicado às crianças adultas que, quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas”

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para superar todas as adversidades, permitindo assim a realização desse sonho.

À minha família, pela garra, perseverança e apoio incondicional, em especial ao meu esposo Caio Queiroz, parceiro de vida e de curso, por estar sempre ao meu lado, me apoiando e contribuindo para o meu crescimento como pessoa e como profissional, estando presente em todos os momentos tanto de conquistas quanto de derrotas.

Aos meus colegas de curso, pela motivação e também pelos momentos de descontração, em especial a Melissa Maria, Viviane Martins, Raissa Dantas e Daniele Guedes.

Agradeço a todos os meus professores por me proporcionar o conhecimento e oportunidades ao longo da graduação, em especial ao professor Danilo Freire, pela orientação, apoio e confiança em minhas ideias.

Ao curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em especial à Adail Ferreira, nossa mãe de curso, e a Tchaikovsky por sempre estarem ao nosso lado, e resolvendo nossos pepinos com unhas e dentes, e às pessoas com quem convivi nesses espaços ao longo desses anos.

A Simões por estar sempre me apoiando nos meus projetos e me ajudando a tirá-los do papel e os transformando em circuitos funcionais.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

“Não vos amoldeis às estruturas deste mundo, mas transformai-vos pela renovação da mente, a fim de distinguir qual é a vontade de Deus: o que é bom, o que Lhe é agradável, o que é perfeito.”

Romanos 12: 2

RESUMO

. O tremor de repouso é um dos sintomas da doença de Parkinson, que acarreta em uma diminuição da qualidade de vida das pessoas portadoras da doença, limitando suas atividades diárias, como segurar um copo, se alimentar ou escrever. Por essa razão estudos veem sendo realizados por meio da integração das engenharias com a neurociência, para desenvolver novos tratamentos invasivos e não invasivos para tratar a doença. Neste trabalho de conclusão de curso foi realizado um estudo sobre os métodos que veem sendo utilizados e desenvolvidos para o tratamento da doença de Parkinson, bem como baseado na ideia do *Emma Watch*, verificar se de fato a utilização de vibrações ajudam na redução do tremor de repouso.

Palavras-chave: Doença de Parkinson, Tremor de Repouso, Tratamentos Invasivos e Não Invasivos.

ABSTRACT

Restless tremor is one of the symptoms of Parkinson's disease, which leads to a decrease in the quality of life of people with Parkinson's, limiting their daily activities, such as holding a glass, eating or writing. For this reason studies have been carried out by integrating engineering with neuroscience, to develop new invasive and non-invasive treatments to treat the disease. In this work, a study was carried out on the methods that are being used and developed for the treatment of Parkinson's disease, as well as based on the idea of Emma Watch, to verify if the use of vibrations actually helps in the reduction of restless tremor.

Keywords: Parkinson's disease, Restless Tremor, Invasive and Non-invasive Treatments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Substância Negra - com e sem a manifestação da doença de Parkinson.	14
Figura 2 - Tremor característico da doença de Parkinson (Pill-rolling).	17
Figura 3 - Técnica da Estimulação Cerebral Profunda.	19
Figura 4 - Circuito contido no Liftware Steady.	22
Figura 5 - Dispositivo de Cancelamento Ativo do Tremor (ACT) para uma colhe: (a) Diagrama do dispositivo ACT demonstrando como o mesmo acomoda o tremor do sujeito. (b) Diagrama da configuração experimental do dispositivo ACT.	23
Figura 6 - Protótipo do GyroGlove idealizado por Faii Ong.	24
Figura 7 - Versão de produto final do GyroGlove.	25
Figura 8 - Emma Lawton escrevendo antes e depois de utilizar o emma watch.	26
Figura 9 - Projeto Emma - relógio finalizado.	26
Figura 10 - Acelerômetro e Giroscópio MPU - 6050 e seus pinos.	27
Figura 11 - Motor de Vibração 1027.	28
Figura 12 - Arduino Mega 2560.	30
Figura 13 - Protótipo do P-Watch.	31
Figura 14 - Desenhos dos círculos utilizados para o experimento. Diâmetro do círculo maior: 7,6 cm; e círculo menor: 5,3 cm.	32
Figura 15 - Módulo de sensoriamento colocado no pulso direito.	32
Figura 16 - Áreas de inervação cutânea da mão direita.	33
Figura 17 - Configuração final do P-Watch vestido no usuário.	33
Figura 18 - Dados do Acelerômetro 1 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, em função do tempo para o sujeito 1.	35
Figura 19 - Dados do Acelerômetro 2 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, em função do tempo para o sujeito 1.	36
Figura 20 - Dados do Acelerômetro 1 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, em função do tempo para o sujeito 2.	37
Figura 21 - Dados do Acelerômetro 2 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, em função do tempo para o sujeito 2.	38
Figura 22 - Dados do Acelerômetro 1 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, em função do tempo para o sujeito 3.	39
Figura 23 - Dados do Acelerômetro 2 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, em função do tempo para o sujeito 3.	40
Figura 24 - FFT dos dados do Acelerômetro 1 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, para o sujeito 1.	41
Figura 25 - FFT dos dados do Acelerômetro 2 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, para o sujeito 1.	42
Figura 26 - FFT dos dados do Acelerômetro 1 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, para o sujeito 2.	43
Figura 27 - FFT dos dados do Acelerômetro 2 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, para o sujeito 2.	44
Figura 28 - FFT dos dados do Acelerômetro 1 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, para o sujeito 3.	45

Figura 29 - FFT dos dados do Acelerômetro 2 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, para o sujeito 346

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Ampères
ACT	<i>Active Cancellation of Tremor</i>
CA-CC	Corrente Alternada – Corrente Contínua
CI	Circuito Integrado
DBS	<i>Deep Brain Stimulation</i>
ECP	Estimulação Cerebral Profunda
F	Faraday
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i>
ICSP	<i>In-Circuit Serial Programming</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
LIHM	Laboratório de Interface Homem-Máquina
Hz	Hertz
PCI	Placa de Circuito Impresso
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
RPM	Rotações Por Minuto
SCL	<i>Serial Clock</i>
SDA	<i>Serial Data</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver/Transmitter</i>
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
V	Volts
Ω	Ohm

SUMÁRIO

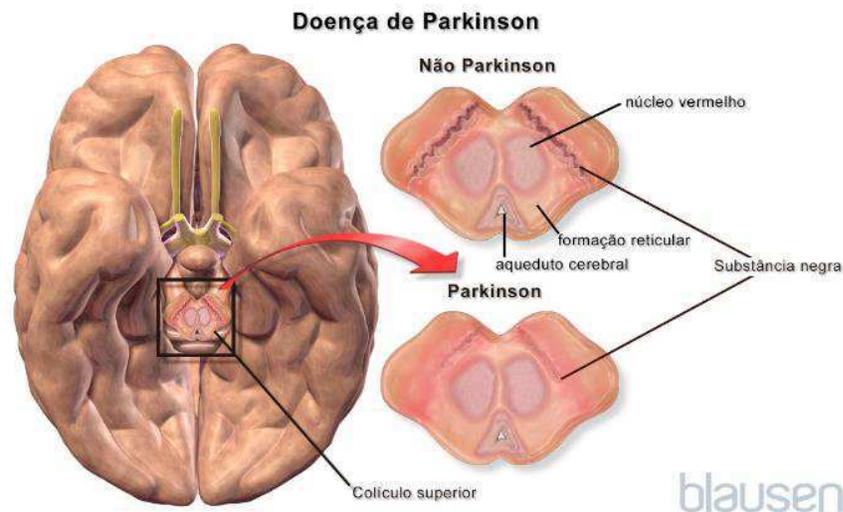
AGRADECIMENTOS	5
RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	11
1. INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	16
1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1. TREMORES DA DOENÇA DE PARKINSON.....	17
2.2. TRATAMENTOS INVASIVOS	18
2.2.1. ESTIMULAÇÃO CEREBRAL PROFUNDA – ECP	18
2.3. TRATAMENTOS NÃO INVASIVOS.....	20
2.3.1. MEDICAMENTOSO	20
2.3.2. <i>LIFTWARE STEADY</i>	21
2.3.3. GYROGLOVE	24
2.3.4. <i>EMMA WATCH</i>	25
2.4. MÓDULO DE SENSORIAMENTO.....	27
2.4.1. ACELERÔMETRO E GIROSCÓPIO MPU-6050	27
2.4.2. MOTOR DE VIBRAÇÃO 1027.....	28
2.4.3. PLATAFORMA ARDUINO MEGA 2560.....	29
3 PROJETO DO P-WATCH.....	30
3.1 VISÃO GERAL DO MÓDULO DE SENSORIAMENTO.....	30
4 PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS E MOTIVAÇÃO	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1 ANÁLISE DOS DADOS.....	34
5.2 RESULTADOS OBTIDOS	34
5.3 DISCUSSÕES.....	47
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS	49

APÊNDICE	51
APÊNDICA A: MEDICAMENTOS UTILIZADOS PARA TRATAR A DOENÇA DE PARKINSON.....	52

1. INTRODUÇÃO

A doença de Parkinson é uma doença degenerativa do sistema nervoso central, crônica e progressiva, causada por uma diminuição intensa da produção de dopamina, substância química que ajuda na transmissão de mensagens entre as células nervosas, que auxilia na realização dos movimentos voluntários do corpo de forma automática, ou seja, não precisamos pensar em cada movimento que nossos músculos realizam, graças à presença dessa substância em nossos cérebros. Na ausência dessa substância, particularmente numa pequena região encefálica chamada substância negra como pode ser observada na Figura 1, o controle motor do indivíduo é perdido, ocasionando sinais e sintomas característicos [1].

Figura 1 - Substância Negra - com e sem a manifestação da doença de Parkinson.



Fonte: <https://www.msmanuals.com/pt-br/casa/distúrbios-cerebrais,-da-medula-espinal-e-dos-nervos/doenças-do-movimento/doença-de-parkinson-dp>

Esse conjunto de sinais e sintomas neurológicos é chamado de síndrome parkinsoniana ou parkinsonismo. Doenças diferentes e causas muito diversas podem produzir essa síndrome parkinsoniana. Entretanto, a principal causa dessa síndrome é a própria Doença de Parkinson, em aproximadamente 70% dos casos.

Os principais sintomas da doença de Parkinson são a lentidão motora (bradicinesia), a rigidez entre as articulações do punho, cotovelo, ombro, coxa e tornozelo, os tremores de repouso

notadamente nos membros superiores e geralmente predominantes em um lado do corpo quando comparado com o outro e, finalmente, o desequilíbrio. Estes são os chamados “sintomas motores” da doença, mas podem ocorrer também “sintomas não-motores” como diminuição do olfato, alterações intestinais e do sono. No presente trabalho será dado enfoque aos sintomas motores da doença.

Existem inúmeros tratamentos medicamentosos para a doença de Parkinson, porém alguns estudos realizados recentemente, veem unindo as engenharias com a neurociência, de modo que novos tratamentos estão sendo desenvolvidos para auxiliar as pessoas portadoras dessa doença. A Estimulação Cerebral Profunda (*Deep Brain Stimulation* – DBS) [2] é um dos tratamentos invasivos mais eficientes para o Parkinson que consiste em uma estimulação elétrica em diversas regiões do cérebro, por anos sem interrupção. A corrente elétrica utilizada é muito pequena – feita em pontos estratégicos do cérebro, que são, na sua maioria, profundos. Porém esse tipo de tratamento para ser realizado possui um valor expressivo, de modo que acaba se tornando inacessível para todos os portadores da doença.

Por esse motivo, alguns pesquisadores passaram a desenvolver tratamentos não invasivos que seriam capazes de auxiliar no controle dos sintomas motores da síndrome parkinsoniana, de forma mais acessível para aqueles com menores poderes aquisitivos, tornando possível o retorno de algumas habilidades essenciais para se ter uma melhor qualidade de vida desses indivíduos. Dessa forma, podemos citar a “*liftware spoon*” [3] uma colher desenvolvida pela *startup* Lift Labs¹, recentemente adquirida pela Google, que possui um sistema estabilizador, permitindo que pessoas com a doença de Parkinson possam comer normalmente sem derramar a comida.

Recentemente Haiyan Zhang, diretora de Inovação na *Microsoft Research Cambridge*, desenvolveu o *Emma Watch* [4], um dispositivo muito semelhante a um relógio, produzido exclusivamente para Emma Lawton, uma designer e diretora de criação diagnosticada com a doença de Parkinson, que a ajudou a recuperar o controle de sua mão na execução de tarefas simples de desenho e escrita.

A tecnologia do *Emma Watch* introduz um efeito de vibração rítmica através de pequenos motores ao redor do pulso. Embora o mecanismo terapêutico específico ainda seja desconhecido, uma teoria sugere que a capacidade de se movimentar é regulada por um circuito de retroalimentação sensório-motora, envolvendo a percepção do movimento e da posição do corpo.

¹ <https://www.liftware.com/>

O sintoma de tremor pode surgir de um ciclo de feedback errôneo, em que o cérebro está supercompensando um erro inicial de movimento, resultando em um tremor contínuo. Dessa forma, a injeção de vibração pelo *Emma Watch* introduz um ruído branco que provoca um curto-circuito nesse ciclo de feedback errôneo, impedindo que o cérebro detecte o erro inicial e tente supercompensá-lo [4].

Foi observando os conceitos de engenharia elétrica envolvidos no projeto *Emma* que o presente trabalho foi desenvolvido.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho de conclusão de curso teve como objetivo realizar um estudo sobre os métodos que veem sendo utilizados e desenvolvidos para o tratamento da doença de Parkinson, bem como baseado na ideia do *Emma Watch*, verificar se de fato a utilização de vibrações ajudam na redução do tremor de repouso.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho foi dividido em cinco capítulos. No capítulo 2, será apresentada a fundamentação teórica, onde serão abordados tópicos a respeito da doença de Parkinson, os métodos existentes utilizados para o tratamento dessa doença, como os métodos invasivos e não invasivos. Neste mesmo capítulo será discutido um pouco sobre os componentes utilizados para o desenvolvimento do Sistema Coletor, dispositivo vestível desenvolvido pela autora deste trabalho em conjunto com Melissa Maria Barbosa da Silva, durante o seu estágio supervisionado.

No capítulo 3, será apresentado o projeto do Sistema Coletor, por meio de uma visão geral do sistema, como foi realizado o projeto do hardware do protótipo e o software embarcado. No capítulo 4, será apresentado os resultados e discussões deste trabalho. Por fim, no capítulo 5, serão apresentadas as considerações finais a respeito de tudo o que englobou o presente trabalho.

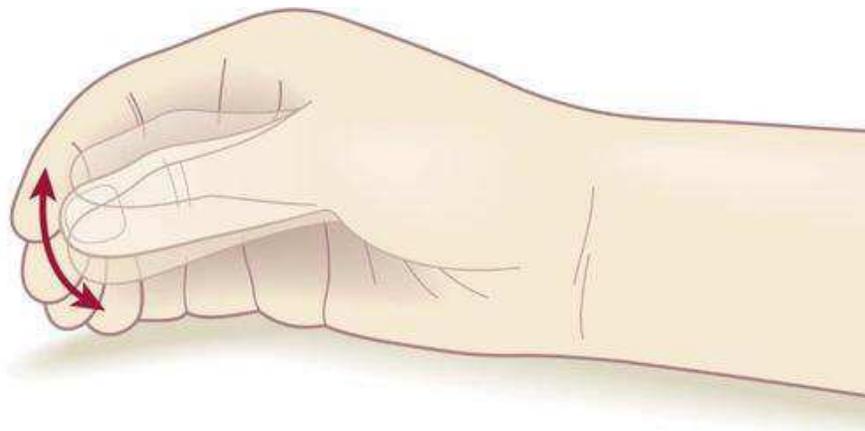
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, são descritos conceitos teóricos necessários a respeito do tremor da doença de Parkinson, sobre os tratamentos utilizados atualmente para o controle da mesma, envolvendo métodos invasivos e não invasivos, e ainda sobre os componentes utilizados para o desenvolvimento do sistema coletor de dados o *P-Watch*.

2.1. TREMORES DA DOENÇA DE PARKINSON

A doença de Parkinson geralmente começa de forma assintomática e avança gradativamente. Assim, quando os primeiros sintomas começam a aparecer, estão relacionados ao movimento. Com isso, na grande maioria dos casos, o primeiro sintoma que aparece em cerca de dois terços das pessoas é o tremor. Normalmente os tremores parkinsonianos são caracterizados como assimétricos, pois ocorrem em uma mão ou braço, são classificados como tremores de repouso, por serem mais proeminentes que o restante dos movimentos corporais, apresentam grandes amplitudes e baixas frequências (4–6 Hz) [5], e frequentemente são chamados de movimento *pill-rolling* [6], de modo que recebem esse nome por parecerem muito com o movimento de enrolar pequenos objetos entre os dedos indicador e polegar como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Tremor característico da doença de Parkinson (Pill-rolling).



Fonte: <https://clinicalgate.com/parkinsons-disease-8/>

Os tremores em pessoas com a doença de Parkinson, tendem a diminuir quando as mãos são movidas de forma intencional e se extinguem por completo durante o sono. Fatores como estresse emocional, fadiga podem intensificar ainda mais os tremores, e estes também podem piorar com o tempo, avançando para outros membros, como ambas as mãos, braços, pernas, mandíbulas, língua, testa e pálpebras. Existem ainda também a possibilidade de que o paciente nunca desenvolva os tremores.

2.2. TRATAMENTOS INVASIVOS

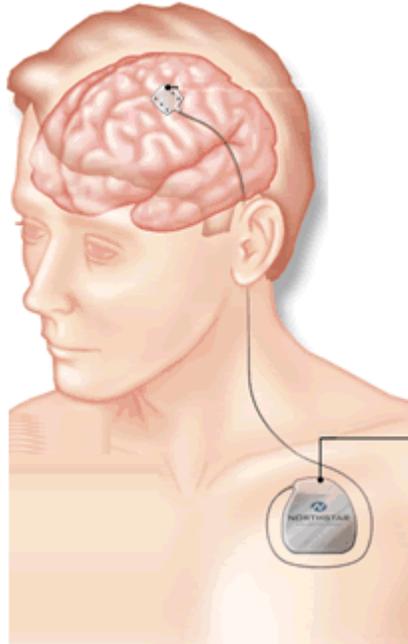
Nesta seção abordaremos o tratamento invasivo mais utilizados pelos médicos neurologistas e pelos neurocientistas atualmente, apesar de ser o método mais eficaz como tratamento da doença, ele ainda possui um custo muito elevado, e por esse motivo nos tópicos posteriores serão abordados os tratamentos não invasivos.

2.2.1. ESTIMULAÇÃO CEREBRAL PROFUNDA – ECP

A Estimulação Cerebral Profunda, também conhecida em inglês como *Deep Brain Stimulation* – DBS, é um procedimento cirúrgico que recentemente chegou ao Brasil, e vem sendo realizado em hospitais como o Albert Einstein, HCor e Cassems – Campo Grande. Esse tipo de procedimento é também conhecido como marca-passo cerebral [7]. A DBS consiste em uma terapia invasiva reversível, que implementa um eletrodo, com a espessura de uma agulha e 8 centímetros de comprimento, no cérebro. Este eletrodo é conectado a um neuroestimulador produtor de pulsos elétricos, semelhante a um marca-passo cardíaco, por uma extensão sob a pele que passa pelo pescoço até a parte superior do tórax, perto da clavícula onde fica localizado o dispositivo (Figura 3).

O neuroestimulador é um dispositivo que funciona a bateria, e possui componentes eletrônicos cuja função é oferecer estimulação elétrica de alta frequência a regiões do cérebro definidas, cujo objetivo é evitar que os sintomas motores incapacitantes da doença de Parkinson se manifestem. Este aparelho deve ser regulado pelo médico de cada paciente, de forma não invasiva para permitir o controle imediato sobre os movimentos.

Figura 3 - Técnica da Estimulação Cerebral Profunda.



Fonte: <https://hospitaljoaovangelista.wordpress.com/2012/05/08/tecnica-de-estimulacao-cerebral-profunda-pode-reverter-sintomas-da-doenca-de-alzheimer/>

A DBS é indicada aos pacientes portadores da doença de Parkinson após 5 a 10 do diagnóstico, pois é a partir desse tempo que os sintomas se encontram em estágios moderadamente avançados, de modo que, o quanto antes se iniciarem os tratamentos durante esse período, maiores serão as chances de melhorar potencialmente a qualidade de vida desses pacientes. De maneira geral, a estimulação cerebral profunda permite a redução das medicações, o que favorece a diminuição dos efeitos colaterais das mesmas. Um dado importante, é que para cerca de 8% apenas das pessoas diagnosticada é recomendado este procedimento, por ser invasivo, sendo necessária uma intervenção cirúrgica que geralmente dura cerca de quatro horas.

Um ponto negativo que já foi mencionado anteriormente, é o alto custo desse tipo de tratamento, que atualmente custam aproximadamente R\$ 150 mil que se somam a R\$ 70 mil referentes a trocas de baterias a cada 5 anos². No Brasil o Sistema Único de Saúde (SUS), sob ordem judicial, já chegou a custeá-la para pacientes.

²<https://www.campograndenews.com.br/cidades/capital/de-alto-custo-marca-passo-estimula-cerebro-e-atenua-parkinson>

2.3. TRATAMENTOS NÃO INVASIVOS

Os tratamentos não invasivos são utilizados como soluções parciais para ajudar na minimização dos sintomas da doença de Parkinson, e são geralmente indicados para a maioria dos pacientes, por não necessitarem de procedimentos cirúrgicos e pelo baixo custo. Inúmeros estudos veem sendo realizados por engenheiros e neurocientistas, de modo que novas tecnologias e dispositivos estão sendo desenvolvidos para auxiliar as pessoas portadoras dessa doença, com o intuito de melhorar a qualidade de vida das mesmas, por esse motivo abordaremos alguns deles nas seções a seguir.

2.3.1. MEDICAMENTOSO

Para o tratamento medicamentoso da doença de Parkinson, é necessária uma seleção do medicamento apropriado levando em consideração o estágio da doença, a sintomatologia presente, a ocorrência de efeitos colaterais, a idade do paciente, além das medicações já em uso e o custo das mesmas [8].

Um dos medicamentos mais prescritos pelos médicos, é a levodopa, cujo benefício é a melhoria do movimento, e a redução de tremor e da rigidez muscular. Em pacientes com grau moderado da doença, a levodopa contribui para que os mesmos recuperem níveis de atividades para quase a total normalidade, e em pacientes cujo grau é bem avançado, como nos casos em que os pacientes vivem integralmente em uma cama, contribui para que os mesmos voltem a caminhar.

O funcionamento da levodopa se dá devido ao fato dessa substância quando ingerida pelo paciente, se transformar em dopamina quando atinge os gânglios basais. Porém, infelizmente, antes da levodopa chegar ao cérebro, parte dela é convertida em dopamina no intestino e no sangue, aumentando os riscos de efeitos colaterais como hipotensão, vômito e rubor [9]. Por esse motivo uma outra substância, a carbidopa, é prescrita em conjunto com a levodopa, para impedir que a mesma se transforme em dopamina antes de chegar ao cérebro, o que ocasiona uma redução considerável dos riscos dos efeitos colaterais e ainda aumenta a quantidade de dopamina disponibilizada ao cérebro.

Com o passar de 5 anos ou mais, cerca de 50% dos pacientes medicados com a levodopa, começam a alternar de uma reação satisfatória a nenhuma reação ao remédio de forma rápida, esse

efeito é conhecido como “*on-off*”. Esse efeito pode ser percebido quando o paciente passa de um estado de mobilidade aceitável para um estado de incapacidade grave em questões de segundos. Algumas medidas podem ser utilizadas para controlar os efeitos do momento “*off*” como por exemplo tomar doses mais baixas, com uma frequência maior, mudar para uma formulação de liberação controlada de levodopa, ou ainda adicionar um agonista de dopamina ou amantadina, que são medicamentos que agem como a dopamina, estimulando os mesmos receptores em células cerebrais.

Existem outros medicamentos menos eficazes que a levodopa, mas que podem resultar em efeitos positivos quando o paciente possui alguma restrição a essa substância, como o Pramipexol e Ropinirol, que são dados por via oral, o Rotigotina que é dado através de um adesivo cutâneo, o Apomorfina, que é injetado sob a pele, entre muitos outros que podem ser vistos no Apêndice A, onde consta uma tabela disponibilizada pelo site do Manual MSD³ versão para a família, que informam sobre os medicamentos, seus efeitos colaterais e alguns comentários a respeito dos mesmos.

2.3.2. LIFTWARE STEADY

O *Liftware Steady* (anteriormente comercializado como “*Liftware*”) é um kit que contém uma alça de estabilização eletrônica e um conjunto de acessórios que incluem uma colher de sopa, uma colher diária, um garfo e uma colher-garfo. Este dispositivo é projetado para ajudar pessoas com tremor nas mãos, que podem estar relacionadas à doença de Parkinson ou tremor essencial, a comer mais facilmente.

A alça de estabilização contém sensores que detectam o movimento da mão e um pequeno computador de bordo que distingue o tremor indesejado do movimento pretendido da mão. Para estabilizar o acessório, o computador direciona dois motores no cabo para mover o acessório conectado a alça, na direção oposta a qualquer tremor detectado (Figura 4).

Este dispositivo utiliza a tecnologia *Active Cancellation of Tremor* (ACT), em português Cancelamento Ativo de Tremor, o qual detecta a direção do tremor e move a colher na direção oposta para estabilizá-la (Figura 5). O *Liftware Steady* pesa cerca de 100 gramas, com dimensões

³<https://www.msmanuals.com/pt-br/casa/dist%C3%BAArbios-cerebrais,-da-medula-espinal-e-dos-nervos/doen%C3%A7as-do-movimento/doen%C3%A7a-de-parkinson-dp>

semelhantes a uma escova de dentes elétrica (40 x 50 x 175 mm) e é alimentado por uma bateria recarregável, que dura mais de 90 minutos em uso contínuo.

Figura 4 - Circuito contido no *Liftware Steady*.



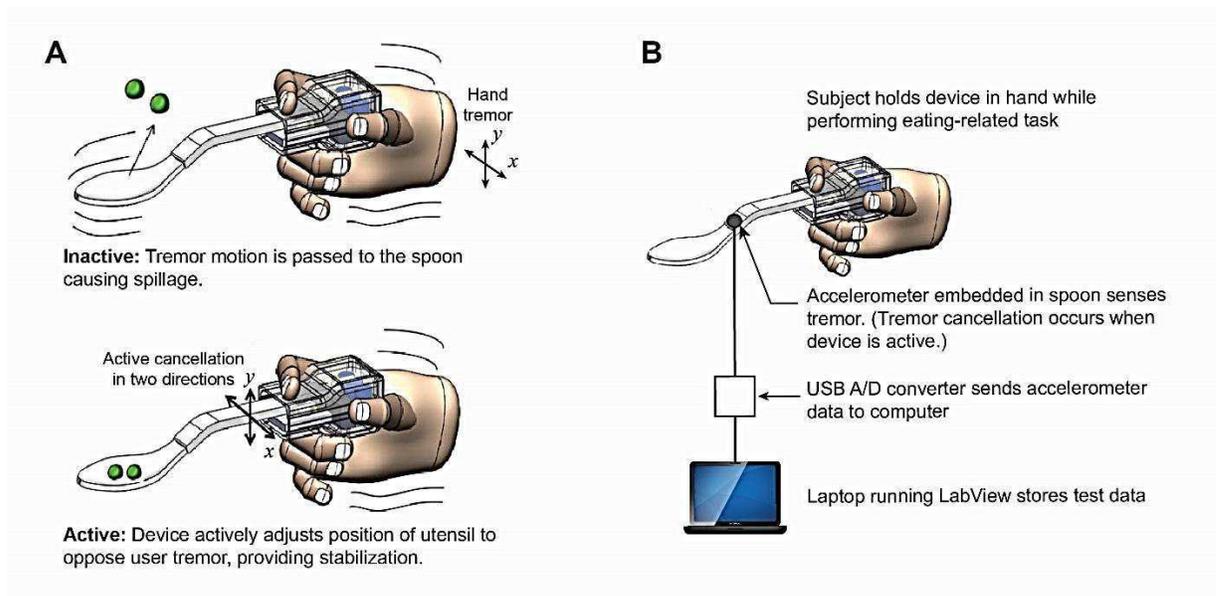
Fonte: <https://www.liftware.com/steady/>

O dispositivo ACT compreende quatro subsistemas principais: a colher, a plataforma de geração de movimento, o controlador/sensor e a fonte de alimentação [10]. A colher se conecta à plataforma de geração de movimento e pode ser removida, limpa ou substituída. A plataforma de geração de movimento usa dois motores DC conectados com garras mecânicas que acoplam o movimento vertical e horizontal da colher. O subsistema controlador/sensor usa um acelerômetro tri-axial embutido na base da colher para detectar a direção do tremor nas direções x (horizontal) e

y (vertical) (Figura 5-a), e direciona os motores para mover a colher na direção oposta. A energia é fornecida por uma bateria recarregável no cabo.

Para a validação desse dispositivo, foram realizados testes, no qual o protótipo desenvolvido pela empresa *Lift Labs*⁴, foi conectado ao hardware de aquisição de dados, com uma taxa de amostragem de 100 Hz e precisão de 12 bits, e ao laptop executando um programa de aquisição de dados escrito em LabView (Figura 5-b).

Figura 5 - Dispositivo de Cancelamento Ativo do Tremor (ACT) para uma colher: (a) Diagrama do dispositivo ACT demonstrando como o mesmo acomoda o tremor do sujeito. (b) Diagrama da configuração experimental do dispositivo ACT.



Fonte: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4156033/#SD1>

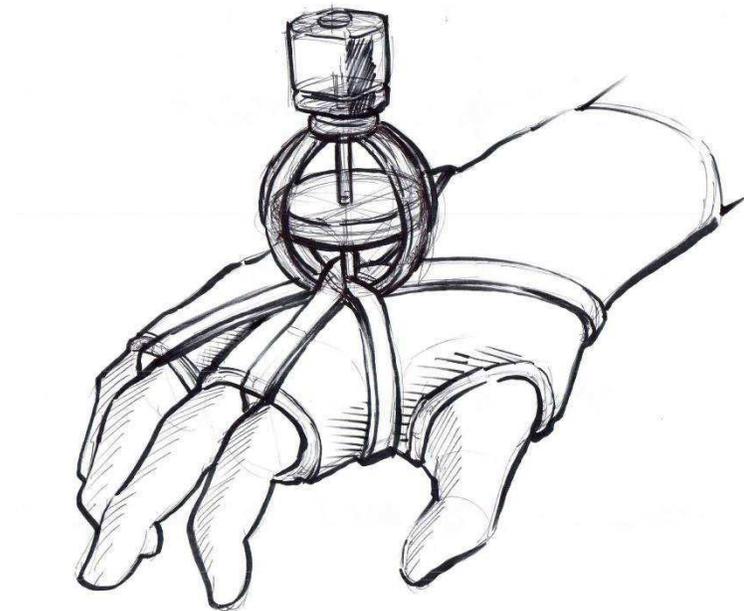
De acordo com os testes clínicos [10] realizados para a validação do *Liftware Steady*, foi observado que este dispositivo foi capaz de reduzir em cerca de 70% a vibração do acessório, em comparação com a vibração de uma colher ou grafo tradicional, quando utilizados por pessoas portadoras da doença de Parkinson ou que possuíam tremor essencial.

⁴ <https://www.liftware.com/>

2.3.3. GYROGLOVE

O GyroGlove é um dispositivo vestível não invasivo, que auxilia pessoas portadoras da doença de Parkinson, reduzindo os tremores de repouso da mesma, desenvolvido pela GyroGear⁵. Esse dispositivo foi idealizado por Faii Ong que se baseou em brinquedos infantis para aplicar a sua ideia. Ele observou que os giroscópios mecânicos são como piões, pois os mesmos sempre tentam permanecer em pé por meio da conservação angular. Dessa forma a ideia de Ong foi usar os giroscópios para gerar uma resistência instantânea ao movimento da mão de uma pessoa, capazes de contrabalançar qualquer entrada de força em qualquer direção, rápida e proporcionalmente, amortecendo quaisquer tremores da mão do usuário [11].

Figura 6 - Protótipo do GyroGlove idealizado por Faii Ong.



Fonte: <https://gyrogear.co/gyroglove>

Ong realizou inúmeros testes com um protótipo inicial (Figura 6) de um dispositivo e o nomeou como GyroGlove, e conseguiu provar que seus instintos estavam corretos, pois os pacientes que utilizaram o dispositivo relataram que ao usá-lo, era como mergulhar a mão em

⁵ <https://gyrogear.co/gyroglove>

xarope espesso, onde o movimento era livre, mas ao mesmo tempo desacelerado. Ong e sua equipe conseguiram provar, com os testes em bancada, que a luva reduzia os tremores em até 90%.

Informações a respeito do projeto completo, do diagrama do circuito envolvido e os detalhes dos testes desse dispositivo, ainda estão em sigilo, mas a empresa GyroGear, já divulgou em seu site uma imagem de como deverá ser o dispositivo em sua versão de produto final (Figura 7).

Figura 7 - Versão de produto final do GyroGlove.



Fonte: <https://gyrogear.co/gyroglove>

2.3.4. EMMA WATCH

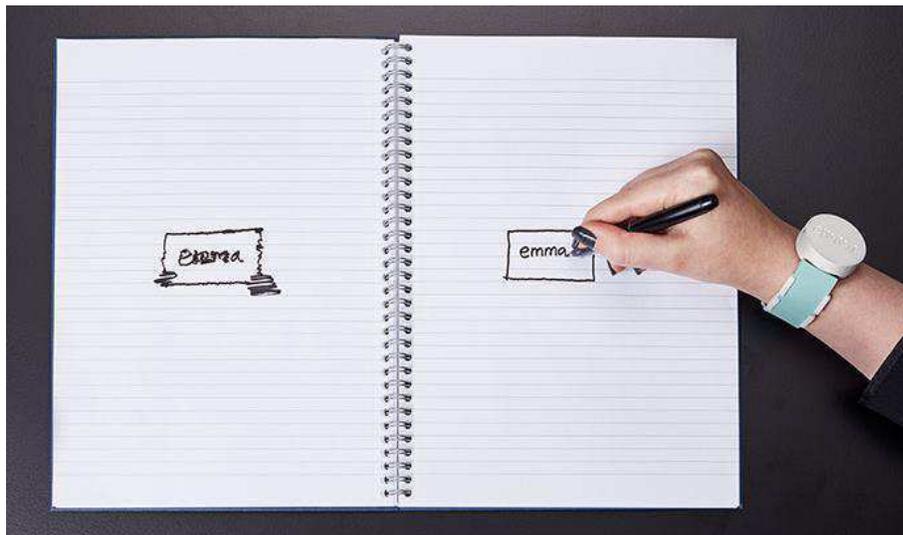
O *Emma Watch* é um dispositivo vestível, também não invasivo, que foi inicialmente criado especificamente para uma designer e diretora da Microsoft, Emma Lawton, portadora da doença de Parkinson, diagnosticada aos 29 anos. Este dispositivo foi desenvolvido por Hiyang Zhang, diretora de inovação da Microsoft *Research* Cambridge, e sua equipe, para ajudar Emma a recuperar o controle de sua mão na execução de tarefas simples de desenho e escrita (Figura 8).

Segundo informações fornecidas pela Microsoft⁶, o projeto Emma funciona introduzindo um efeito de vibração rítmica através de pequenos motores ao redor do pulso. Projetado com alças de pulso intercambiáveis, de modo que o relógio aborda praticidade e elegância (Figura 9).

Embora o mecanismo terapêutico específico ainda seja desconhecido, teorias sugerem que a capacidade de se movimentar é regulada por um circuito de retroalimentação sensoriomotora, envolvendo a percepção do movimento e da posição do corpo.

⁶ <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/project-emma/>

Figura 8 - Emma Lawton escrevendo antes e depois de utilizar o *Emma watch*.



Fonte: <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/project-emma/>

Figura 9 - Projeto Emma - relógio finalizado.



Fonte: <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/project-emma/>

O sintoma de tremor pode surgir de um ciclo de feedback errôneo, no qual o cérebro está supercompensando um erro inicial de movimento, resultando em um tremor contínuo. Dessa forma, a injeção de vibração pelo *Emma Watch* introduz um ruído branco que provoca um curto-circuito nesse ciclo de feedback errôneo, impedindo que o cérebro detecte o erro inicial e tente supercompensá-lo.

O projeto Emma ainda está em estágio de pesquisa, e a equipe de pesquisa da Microsoft está realizando testes para verificação da eficácia do dispositivo em outros pacientes portadores da doença de Parkinson, e investigando outras intervenções não invasivas e vestíveis.

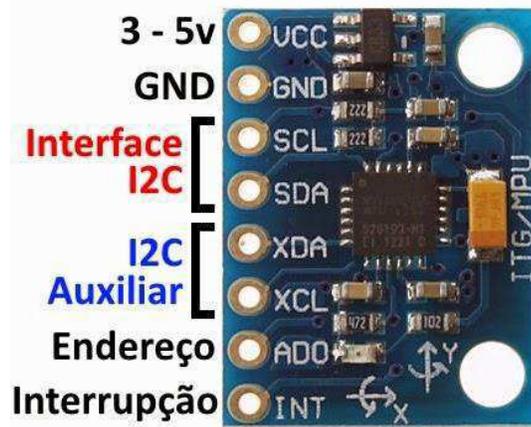
2.4. MÓDULO DE SENSORIAMENTO

Nesta seção, serão introduzidos os componentes e softwares utilizados para a construção do módulo de sensoriamento, utilizado para obtenção dos dados analisados neste projeto.

2.4.1. ACELERÔMETRO E GIROSCÓPIO MPU-6050

O acelerômetro e giroscópio MPU – 6050 (Figura 10) é um módulo constituído por vários sensores, os quais são de alta precisão. Ele possui um sensor de temperatura com capacidade de medição para variações entre -40 a +85°C [12]. O módulo é controlado por um Circuito Integrado (CI) MPU – 6050, cuja característica é possuir um sensor de 6 eixos, significando que o mesmo possui 6 graus de liberdade, fornecendo assim 6 saídas, onde 3 delas são do acelerômetro e as outras 3 do giroscópio.

Figura 10 - Acelerômetro e Giroscópio MPU - 6050 e seus pinos.



Fonte: <https://www.arduinoecia.com.br/2015/04/acelerometro-giroscopio-mpu-6050.html>

- **Conexão do Módulo MPU – 6050 ao Arduino Mega 2560**

O módulo MPU – 6050 se comunica com o Mega 2560 por meio do protocolo I2C, de modo que a comunicação entre ambos se torna simplificada, pois torna-se necessária apenas a utilização dos pinos SCL e SDA (Figura 10), e a alimentação que pode variar de 3,3 a 5 V.

O módulo pode ainda se comunicar com outros dispositivos que utilizam o protocolo de comunicação I2C por meio dos pinos XDA E XCL [12].

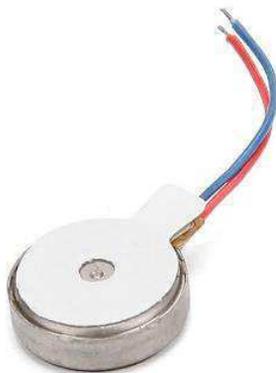
É possível também que o Mega 2560 esteja conectado a dois módulos MPU – 6050, e isso é possível, por meio do pino AD0, e pela seleção dos endereços I2C. Assim, em um dos módulos, o pino AD0 é conectado em nível baixo (GND) e recebe o endereço 0x68 e no outro módulo o pino AD0 é conectado em nível alto (3,3 V) e recebe o endereço 0x69.

2.4.2. MOTOR DE VIBRAÇÃO 1027

Para aqueles que não estão familiarizados, o motor de vibração 1027 (Figura 11), é o mesmo que faz os efeitos de vibração em celulares, também conhecido como *vibracall*. Esse tipo de micromotor possui dois fios para serem conectados em *protoboards* ou em placas de circuito impresso, e o mesmo possui em uma de suas faces uma superfície adesiva que facilita a sua aplicação. Ele possui um formato circular e achatado, tornando-se útil para aplicações *wearebles* [13].

O motor 1027 foi projetado para operar com tensões que variam entre 2,5 a 4 V, sendo permitida a aplicação de uma máxima corrente de 90 mA em seus terminais. A velocidade de rotação desse motor é de 9000 RPM, sendo equivalente a uma frequência de rotação de 150 Hz.

Figura 11 - Motor de Vibração 1027.



2.4.3. PLATAFORMA ARDUINO MEGA 2560

O site da plataforma Arduino⁷ o define como sendo “uma plataforma de prototipagem eletrônica *open-source* que se baseia em hardware e software flexíveis e fáceis de usar. É destinado a artistas, designers, hobbistas e qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos. O Arduino pode sentir o estado do ambiente que o cerca por meio da recepção de sinais de sensores e pode interagir com os seus arredores, controlando luzes, motores e outros atuadores. O microcontrolador na placa é programado com a linguagem de programação Arduino, baseada na linguagem *Wiring*, e o ambiente de desenvolvimento Arduino, baseado no ambiente *Processing*. Os projetos desenvolvidos com o Arduino podem ser autônomos ou podem comunicar-se com um computador para a realização da tarefa, com uso de software específico (ex: *Flash*, *Processing*, *MaxMSP*)”.

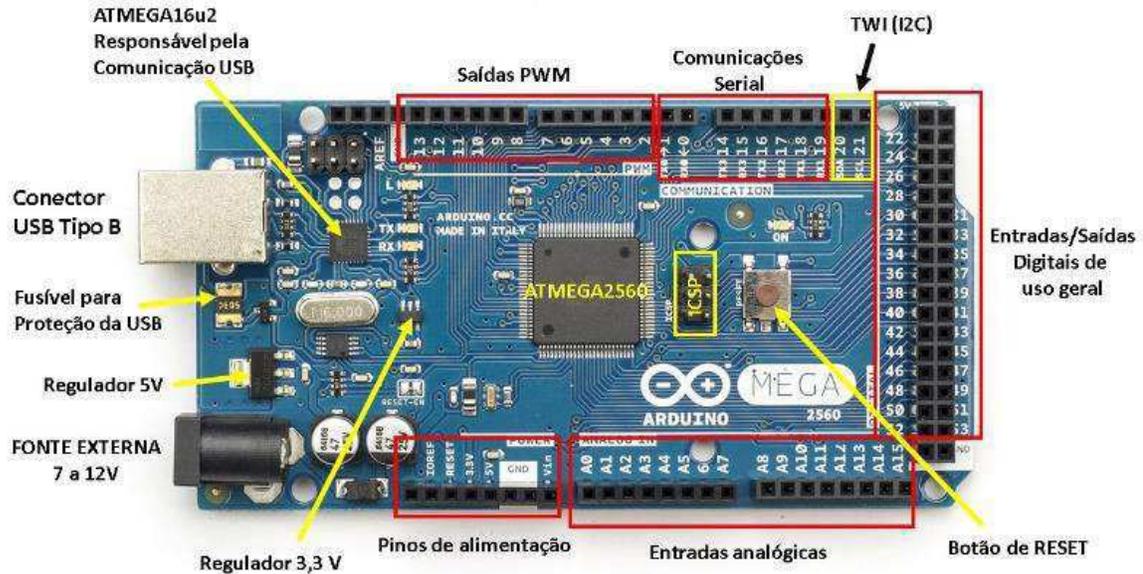
A plataforma é formada por dois componentes principais: Hardware e Software. O hardware é composto por uma placa de prototipagem na qual são construídos os projetos. O software é uma IDE (*Integrated Development Environment*), que é executado em um computador onde é feita a programação, conhecida como *sketch*, na qual será feita upload para a placa de prototipagem Arduino, através de uma comunicação serial. O *sketch* feito pelo projetista dirá à placa o que deve ser executado durante o seu funcionamento [14].

Existem diversas placas oficiais de Arduino e muitas outras não oficiais. Para o projeto deste relatório, foi utilizado o Arduino Mega 2560. Este Arduino possui uma placa microcontroladora baseada no ATmega2560⁸. Conforme visto na Figura 12, a placa Arduino Mega 2560 possui diversos conectores que servem para interface com o mundo externo. Os pinos da placa estão organizados como sendo: 54 pinos de entrada/saída digitais (dos quais 15 podem ser usados como saídas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (portas seriais de hardware), um oscilador de cristal de 16 MHz, uma conexão USB, um conector de energia, um conector ICSP, e um botão de reset. Ela contém tudo o que é necessário para suportar o microcontrolador, basta conectá-lo a um computador com um cabo USB ou ligá-lo a um adaptador de CA-CC ou bateria para inicializar.

⁷ <https://www.arduino.cc/>

⁸ <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mega-2560-rev3>

Figura 12 - Arduino Mega 2560.



Fonte: <https://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>

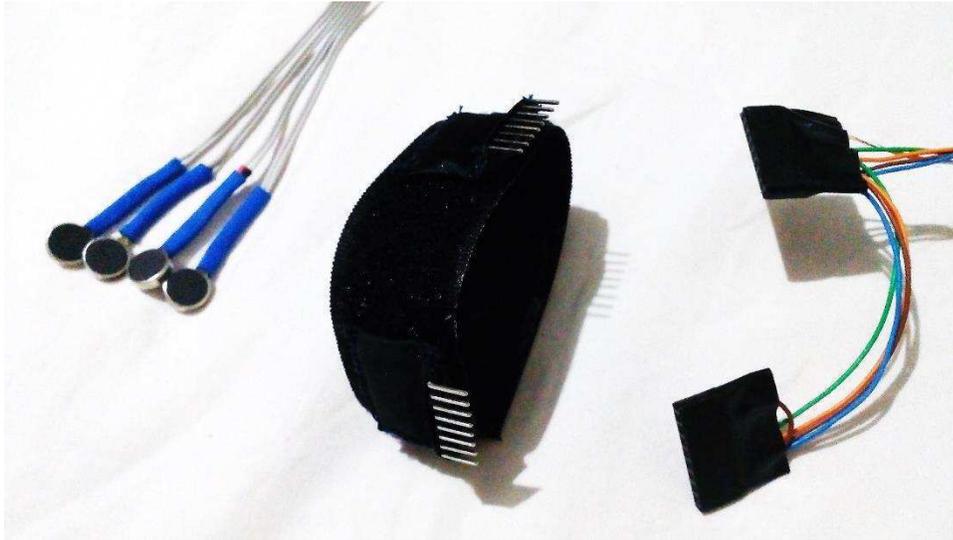
3 PROJETO DO P-WATCH

Neste Capítulo é apresentada a motivação e o projeto de referência desenvolvido com o objetivo de observar se a hipótese de que é possível reduzir os efeitos do tremor de repouso proveniente da Doença de Parkinson, a partir da inserção de vibração nas áreas de inervação cutânea da mão direita é realmente eficaz.

3.1 VISÃO GERAL DO MÓDULO DE SENSORIAMENTO

O protótipo do P-Watch (Figura 13), foi desenvolvido, como resultado de atividades em um estágio, baseado na tecnologia utilizada no projeto Emma da Microsoft. O dispositivo possui um módulo de sensoriamento constituído por dois acelerômetros MPU-6050 para medir os movimentos dos tremores de repouso do usuário, possui um módulo com quatro motores de vibração 1027, cujo objetivo é inserir vibrações nas áreas de inervação cutânea da mão, possui ainda um microcontrolador Arduino Mega 2560, cuja função é realizar a comunicação serial entre os sensores e o computador, e enviar o sinal de ativação para os motores, e também conta com um circuito *driver*, para condicionar a corrente que passa nos pinos do Arduino e nos motores.

Figura 13 – Protótipo do P-Watch.



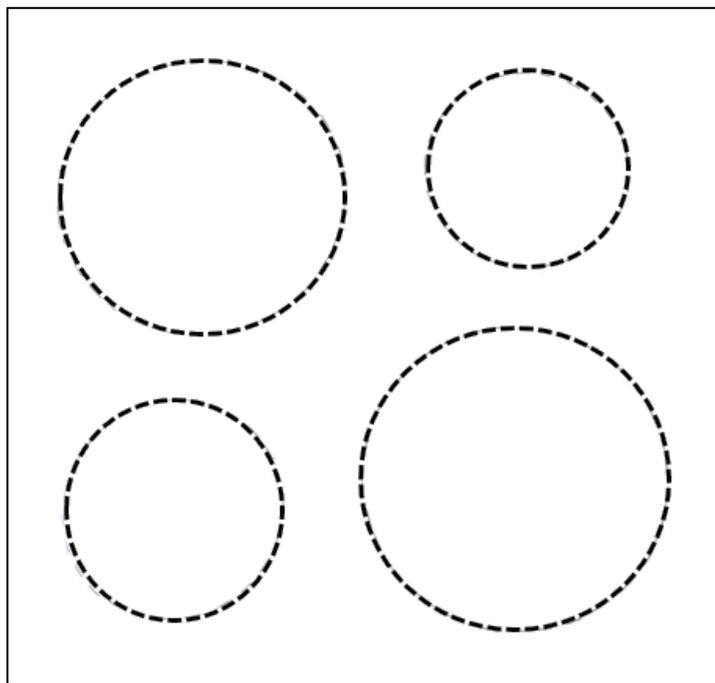
Fonte: Próprio Autor

4 PROCEDIMENTO PARA COLETA DE DADOS E MOTIVAÇÃO

Para realizar a coleta dos dados a partir da utilização do *P-Watch*, foram realizados experimentos com o grupo da pesquisa. O experimento teve como objetivo realizar a tarefa de desenhar círculos (Figura 14) com a mão direita com a mesma estando apoiada sobre a bancada onde se encontrava o desenho e também sem estar apoiada, de modo que apenas a ponta do lápis estivesse em contato com o desenho. Além disso, o experimento foi separado em duas etapas, a primeira foi a realização da tarefa apenas utilizando o módulo de sensoriamento do *P-Watch*, e a segunda foi a realização da tarefa utilizando o *P-Watch* por completo, ou seja, com o módulo de sensoriamento e o módulo de vibração. Para todo o experimento, os voluntários não tiveram tempo cronometrado, sendo livres para realizar os desenhos em seu tempo.

Para a realização do experimento, o *P-Watch* foi vestido nos usuários da seguinte forma: para a primeira e segunda etapas, o módulo de sensoriamento foi colocado no pulso direito do voluntário (Figura 15) e para a segunda etapa, o módulo de vibração foi colocado sobre as áreas de inervação cutânea da mão direita (Figura 16).

Figura 14 - Desenhos dos círculos utilizados para o experimento. Diâmetro do círculo maior: 7,6 cm; e círculo menor: 5,3 cm.



Fonte: Próprio Autor.

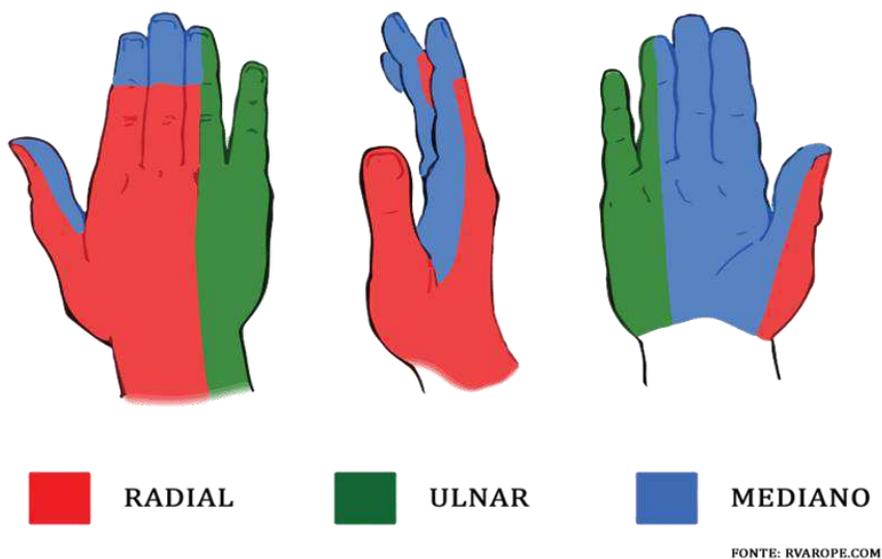
Figura 15 - Módulo de sensoriamento colocado no pulso direito.



Fonte: Próprio Autor.

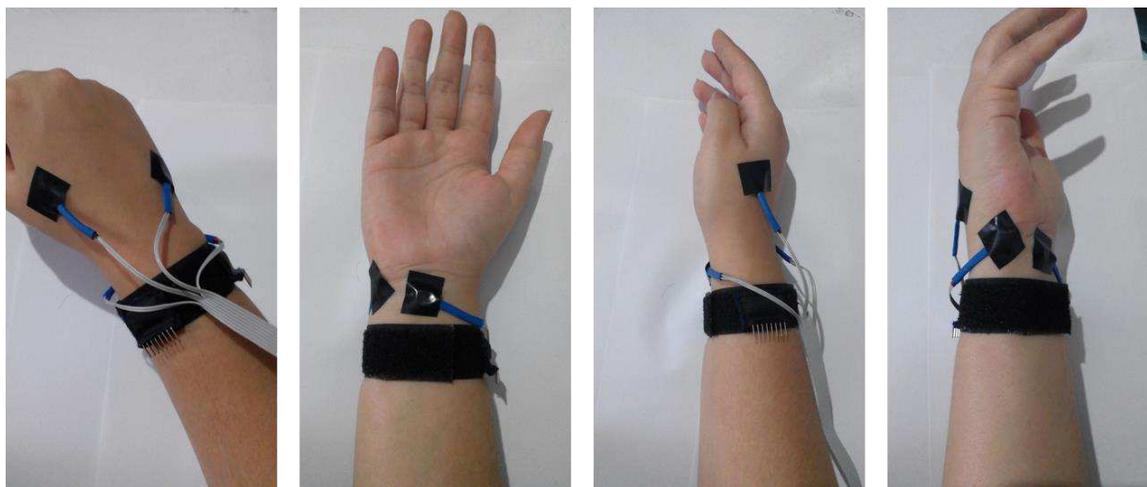
Foram escolhidas as áreas inervadas pelos nervos mediano, radial e ulnar da mão direita, cujas funções é garantir a sensibilidade e a motricidade dos dedos e da região palmar e dorsal da mão. Dessa forma, para a segunda etapa do experimento, a configuração final do *P-Watch* quando colocado no usuário ficou conforme pode ser visto na Figura 17.

Figura 16 - Áreas de inervação cutânea da mão direita.



Fonte: RVAROPE.COM

Figura 17 - Configuração final do *P-Watch* vestido no usuário.



Fonte: Próprio Autor.

O motivo para esta configuração do módulo de vibração, foi devido a observação do princípio de funcionamento do *Emma Watch*, no qual os motores vibradores são colocados na face inferior do relógio, em contato com a pele do usuário, onde os mesmos se encontravam localizados no pulso, e esse tipo de configuração foi eficaz para Emma Lawton, de modo que houve uma redução do tremor de repouso. Dessa forma, buscando inovar e fazer algo diferente do que já foi feito pela equipe da Microsoft, foi idealizada a hipótese de que seria possível reduzir os efeitos do tremor de repouso proveniente da Doença de Parkinson, a partir da inserção de vibração nas áreas de inervação cutânea da mão direita. Assim, os experimentos foram realizados, e foram feitas as análises dos dados obtidos, de modo que os resultados dessas análises são apresentados no capítulo seguinte.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão expostos os resultados e discussões obtidos a partir da análise dos dados medidos pelo módulo de sensoriamento do *P-Watch*, de modo a compreender se os resultados foram satisfatórios, inconclusivos ou insatisfatórios dentro do que foi esperado como resultado para o projeto.

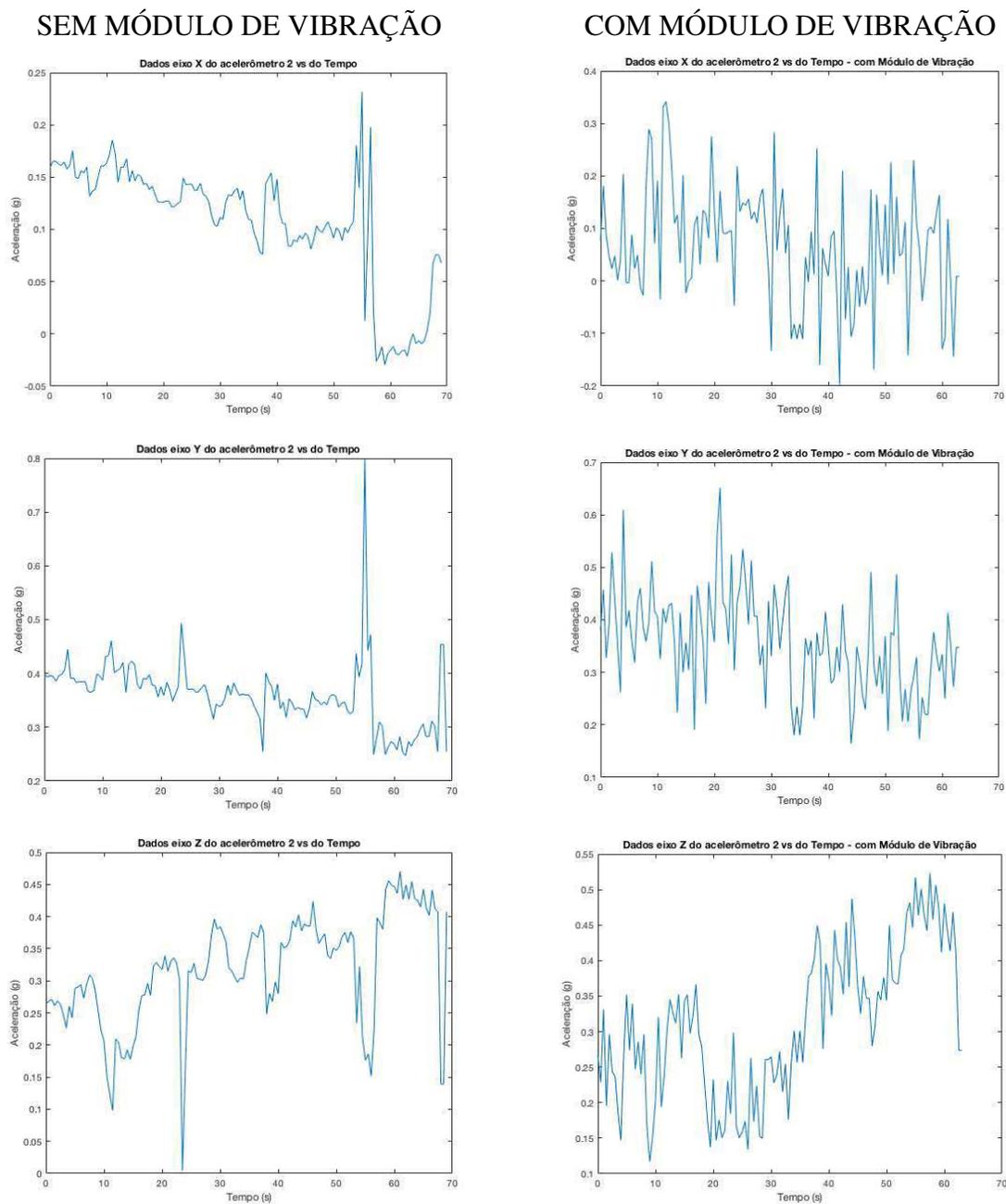
5.1 ANÁLISE DOS DADOS

Para analisar os dados obtidos pelo módulo de sensoriamento do *P-Watch*, foi implementado um código no MATLAB, para realizar a Transformada Rápida de Fourier (FFT) dos dados de cada eixo dos acelerômetros, para ser possível observar as componentes de frequência dos mesmos e suas respectivas intensidades. A partir disso, foi possível observar se houve diferença na magnitude das componentes de frequência em escala, para os dois casos, com módulo de vibra e sem módulo de vibra. Dessa forma, seria possível determinar se o sujeito com Parkinson teve uma redução nos tremores de repouso, ao serem observadas as magnitudes obtidas a partir da FFT.

5.2 RESULTADOS OBTIDOS

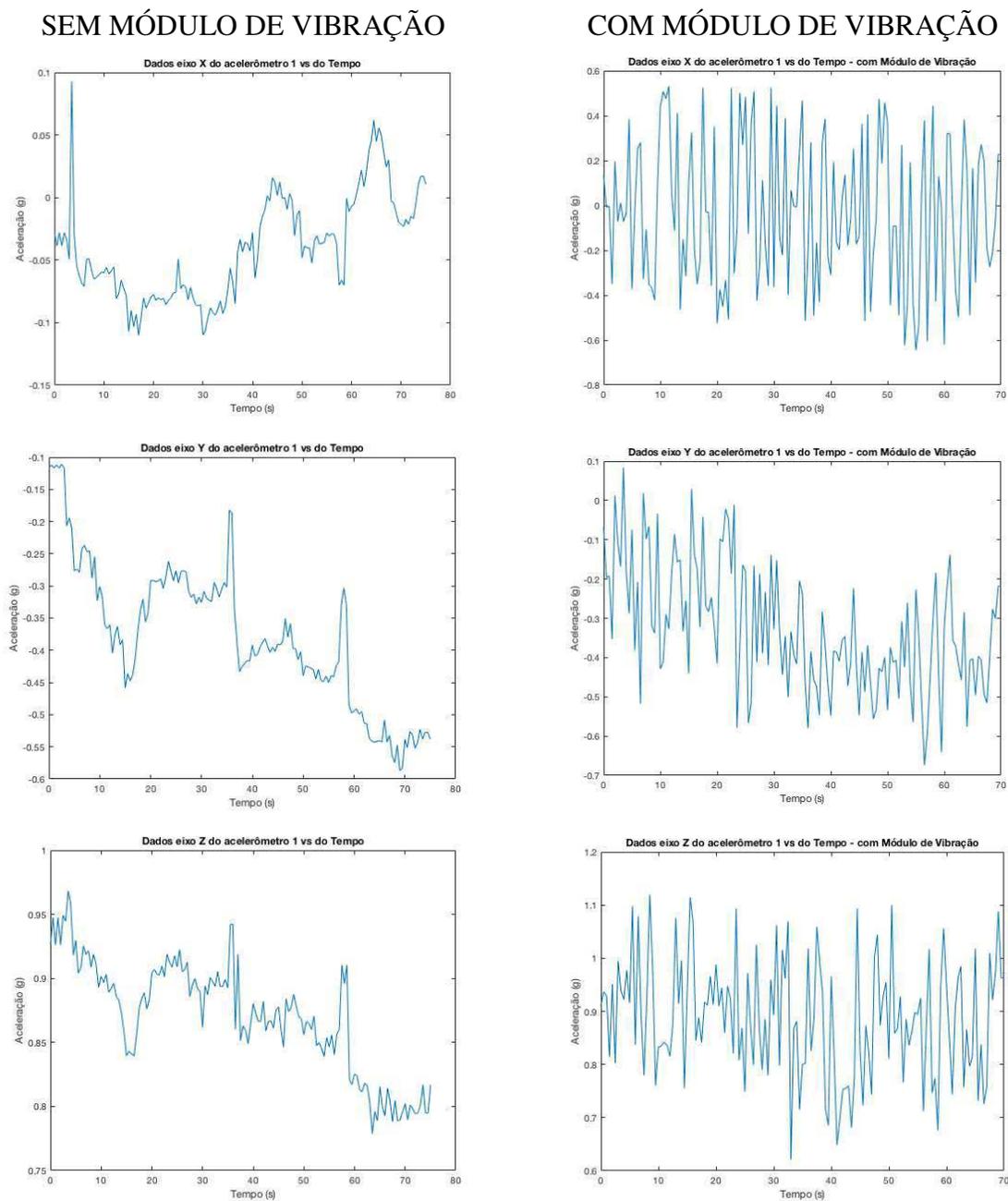
Os dados obtidos pelo módulo de sensoriamento foram calibrados de acordo com o que foi informando no *datasheet* do MPU-6050, por meio da sensibilidade, com a qual foi necessário

Figura 19 - Dados do Acelerômetro 2 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, em função do tempo para o sujeito 1.



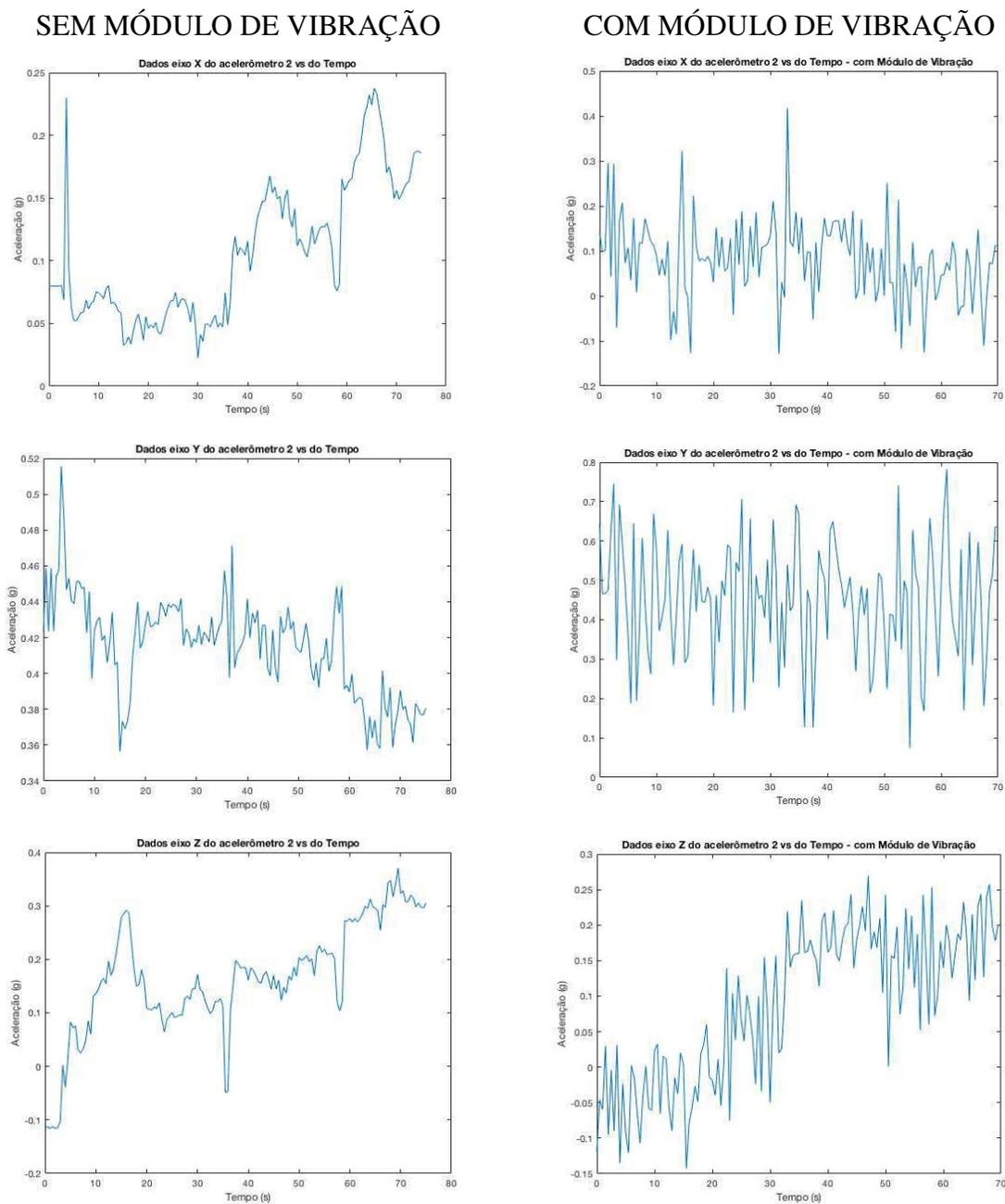
Fonte: Próprio Autor.

Figura 20 - Dados do Acelerômetro 1 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, em função do tempo para o sujeito 2.



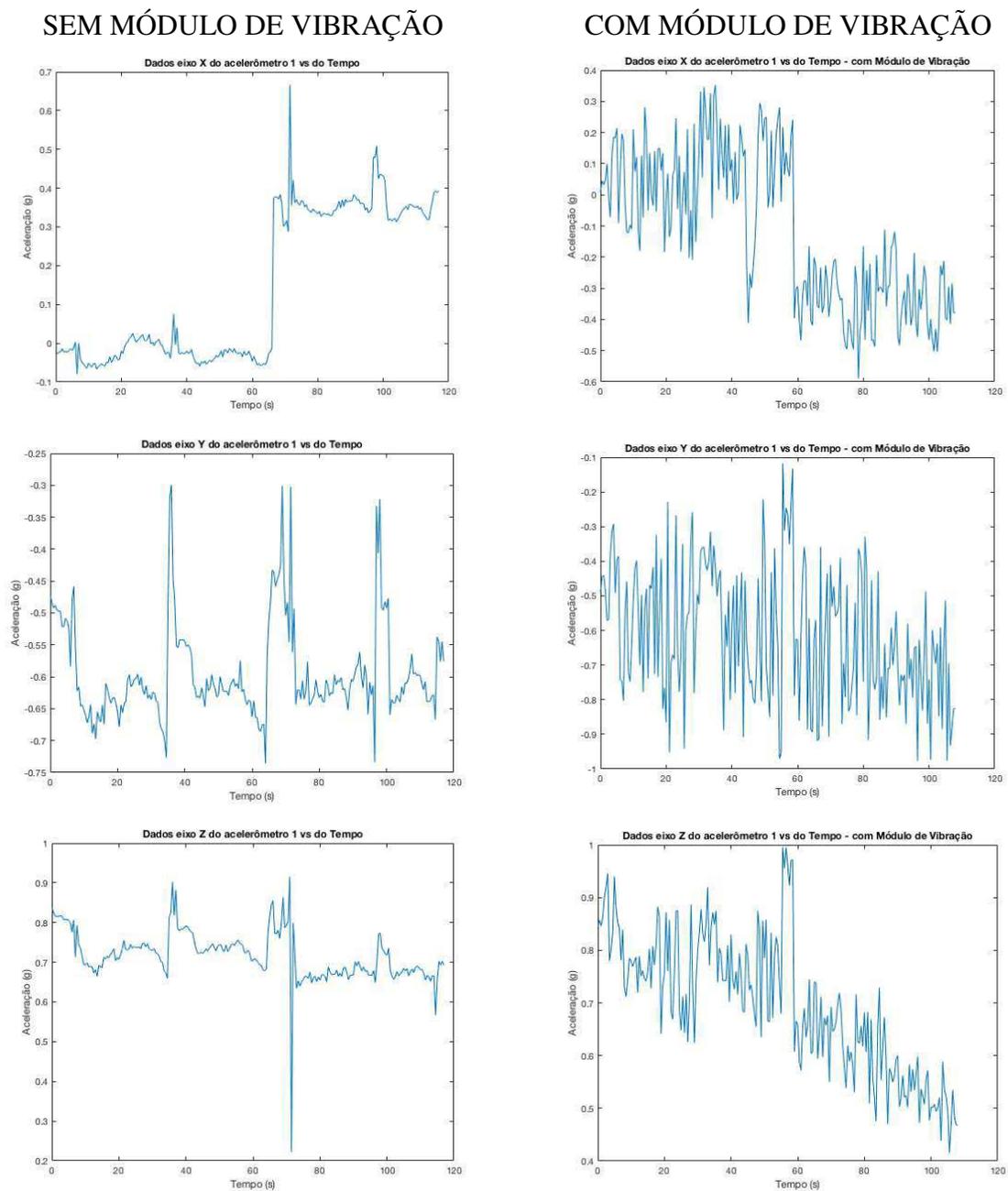
Fonte: Próprio Autor.

Figura 21 - Dados do Acelerômetro 2 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, em função do tempo para o sujeito 2.



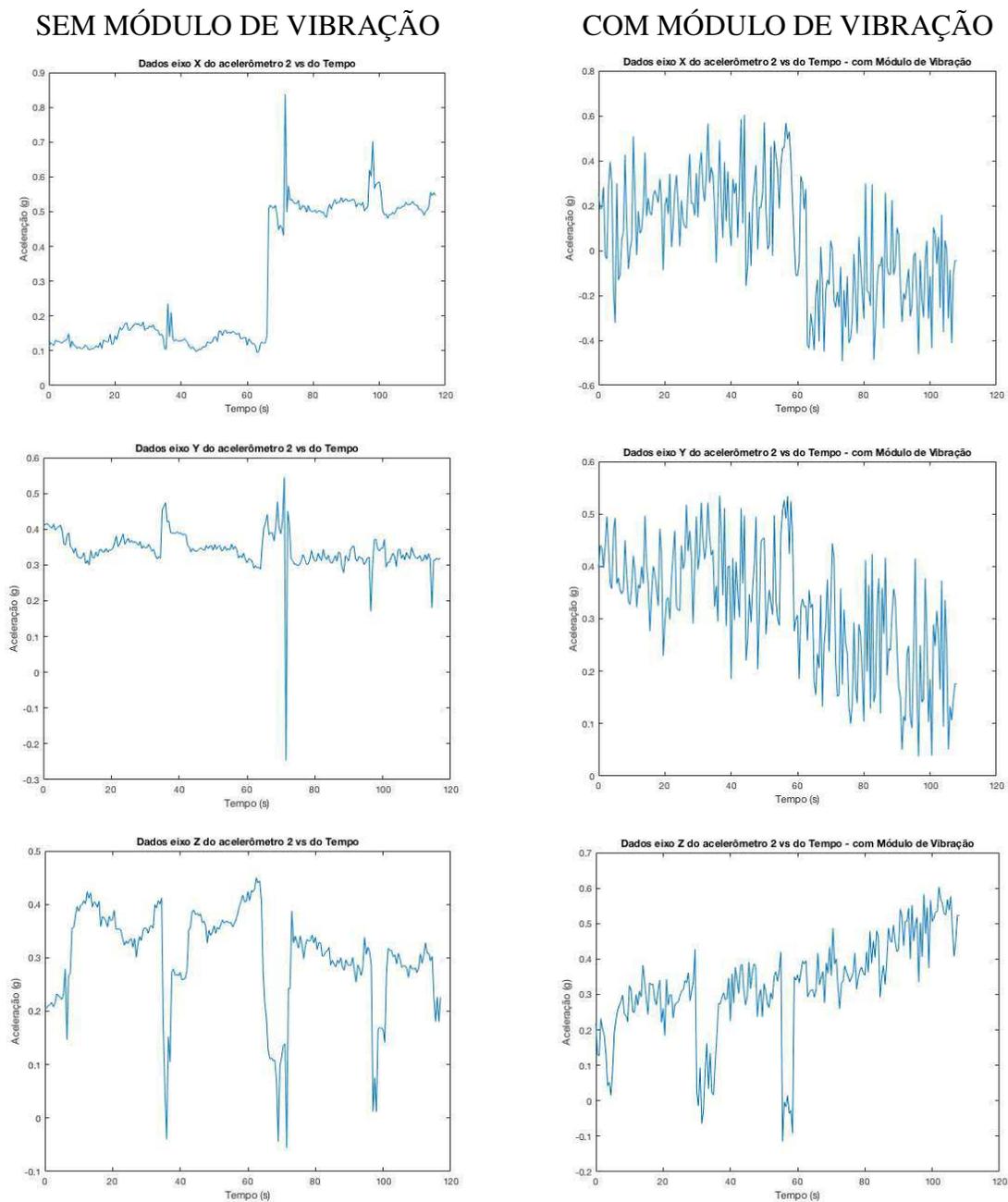
Fonte: Próprio Autor.

Figura 22 - Dados do Acelerômetro 1 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, em função do tempo para o sujeito 3.



Fonte: Próprio Autor.

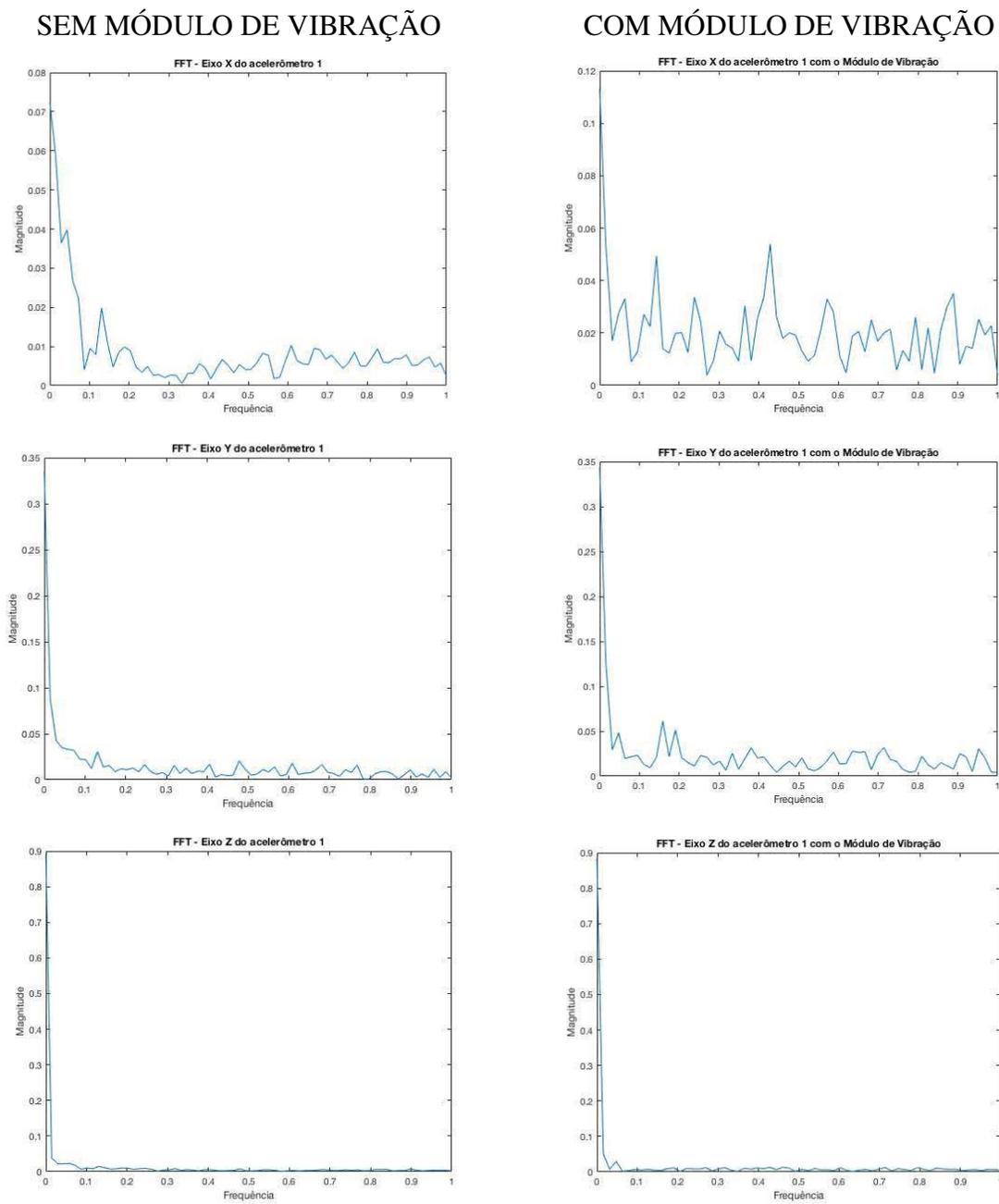
Figura 23 - Dados do Acelerômetro 2 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, em função do tempo para o sujeito 3.



Fonte: Próprio Autor.

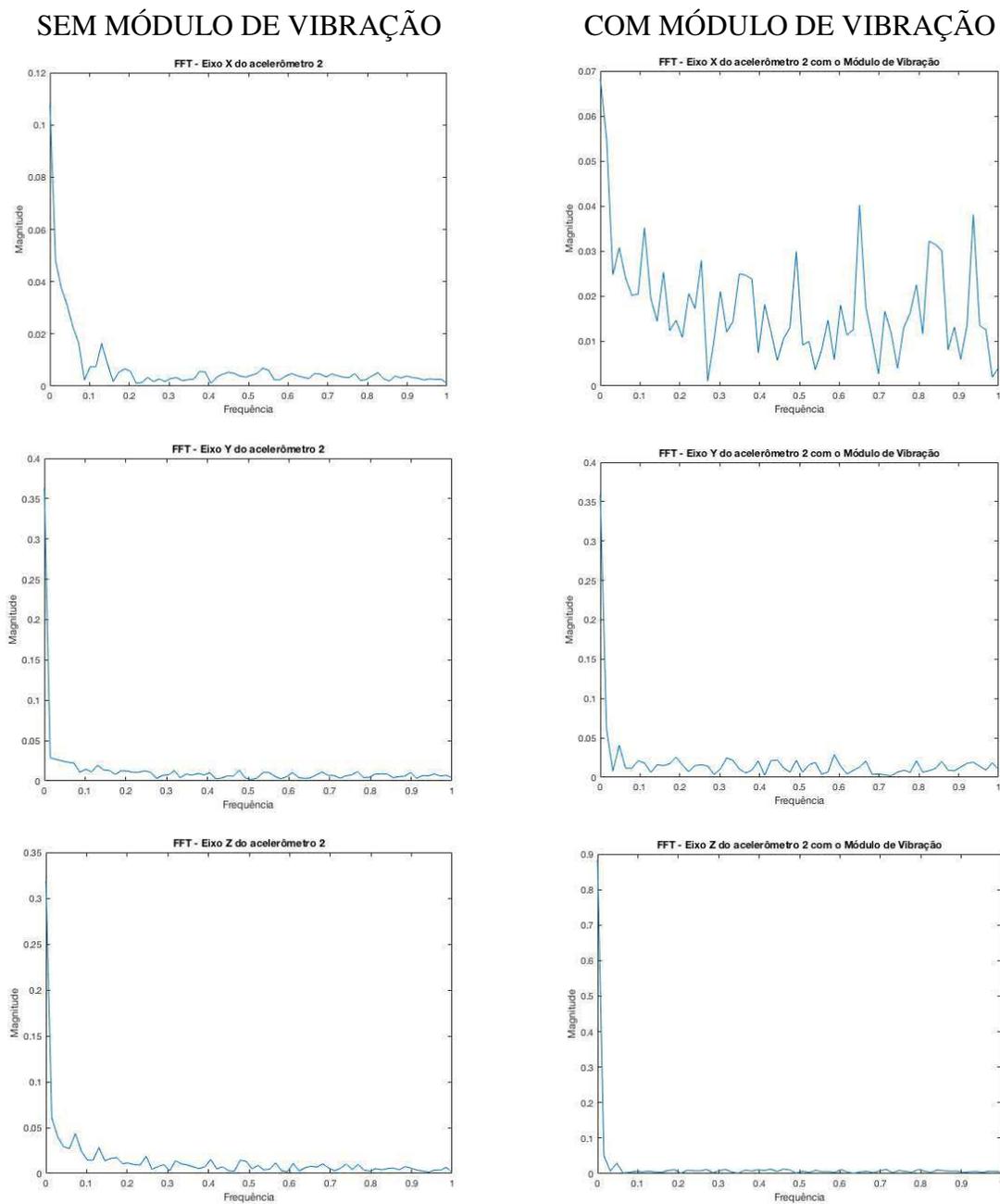
Foi realizada a FFT dos dados dos acelerômetros 1 e 2 para cada eixo, dos três sujeitos, para que fosse possível observar os efeitos sobre a magnitude das componentes de frequência como pode ser visto nas Figuras 24-29, a seguir.

Figura 24 – FFT dos dados do Acelerômetro 1 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, para o sujeito 1.



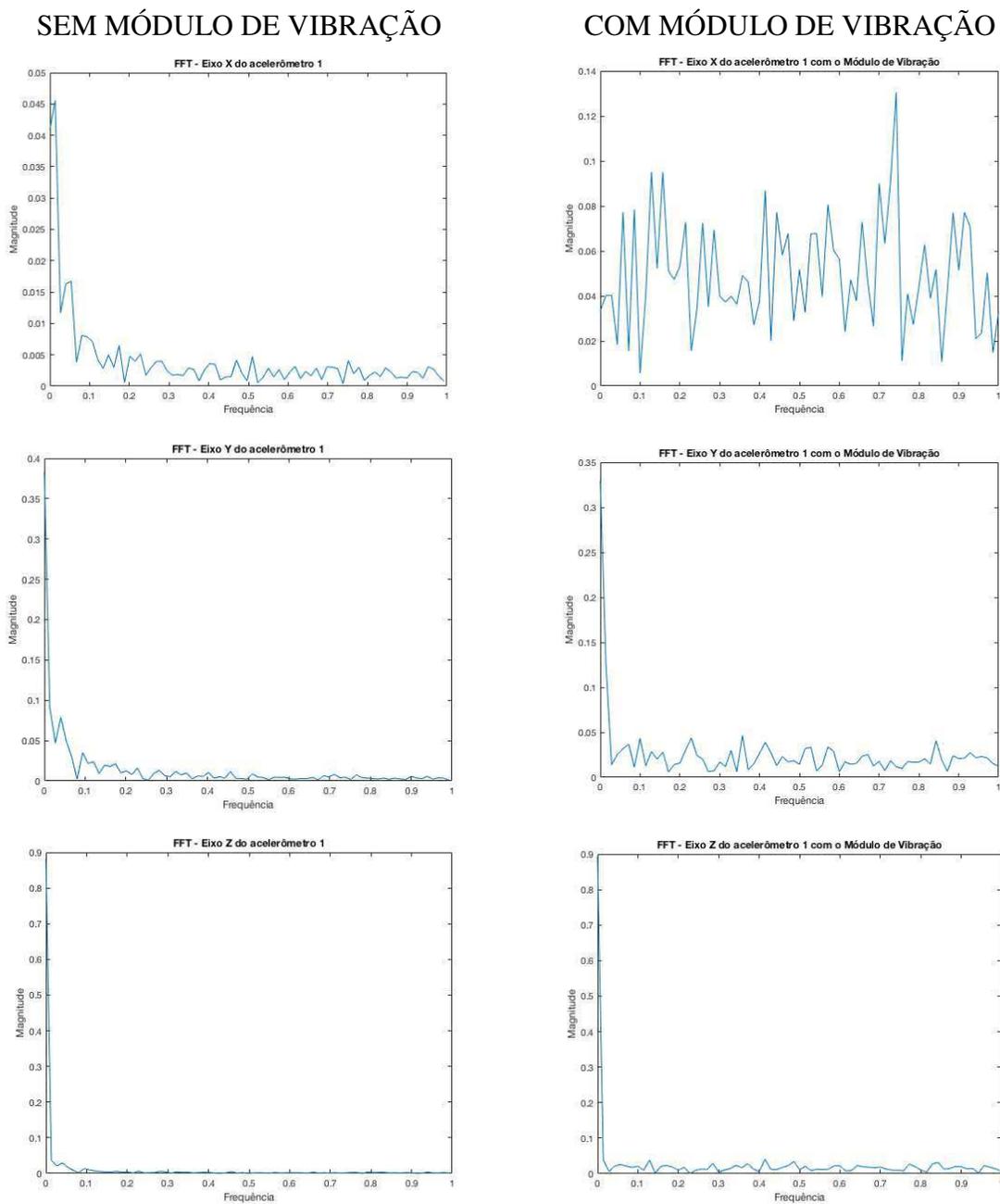
Fonte: Próprio Autor.

Figura 25 - FFT dos dados do Acelerômetro 2 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, para o sujeito 1.



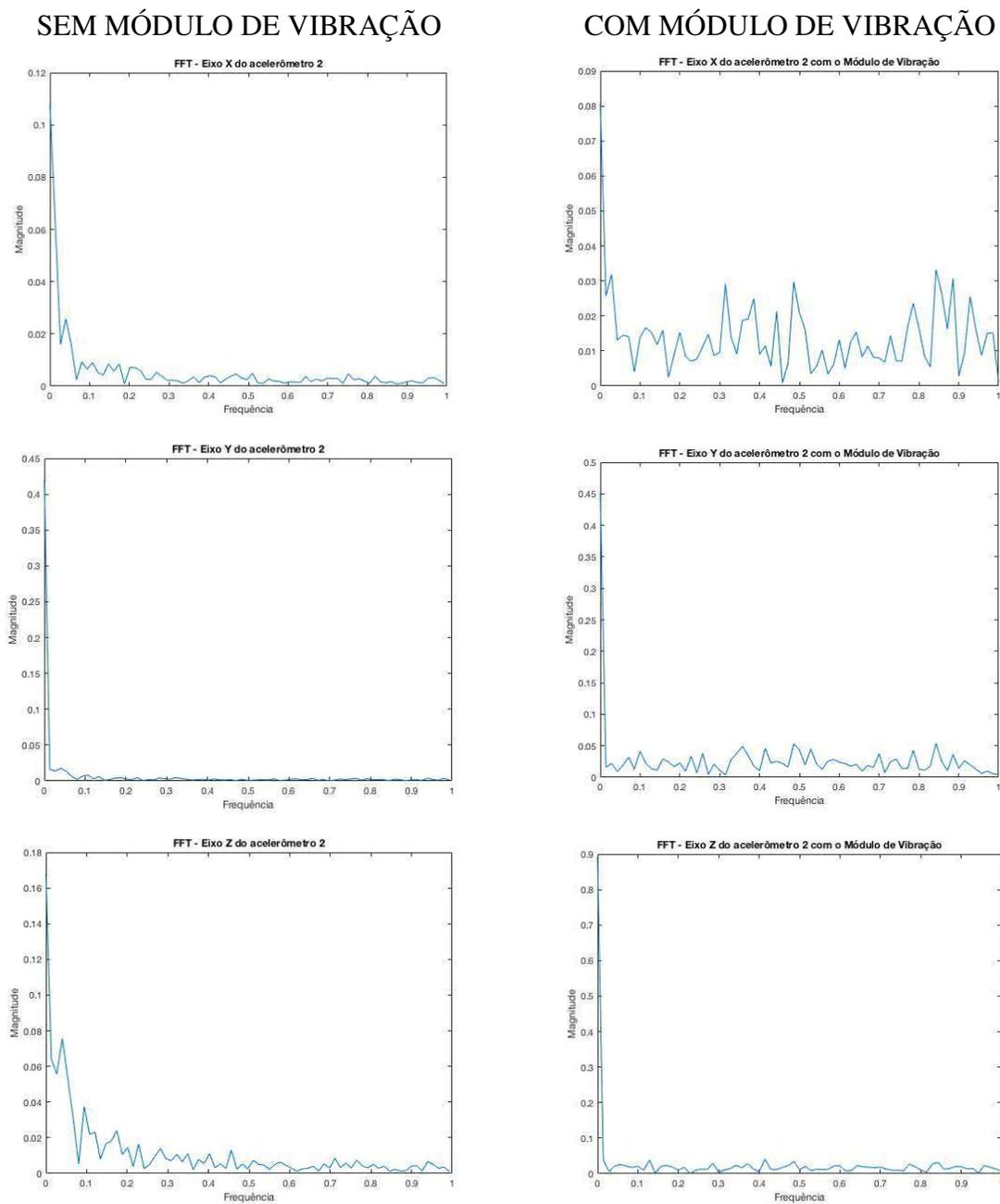
Fonte: Próprio Autor.

Figura 26 - FFT dos dados do Acelerômetro 1 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, para o sujeito 2.



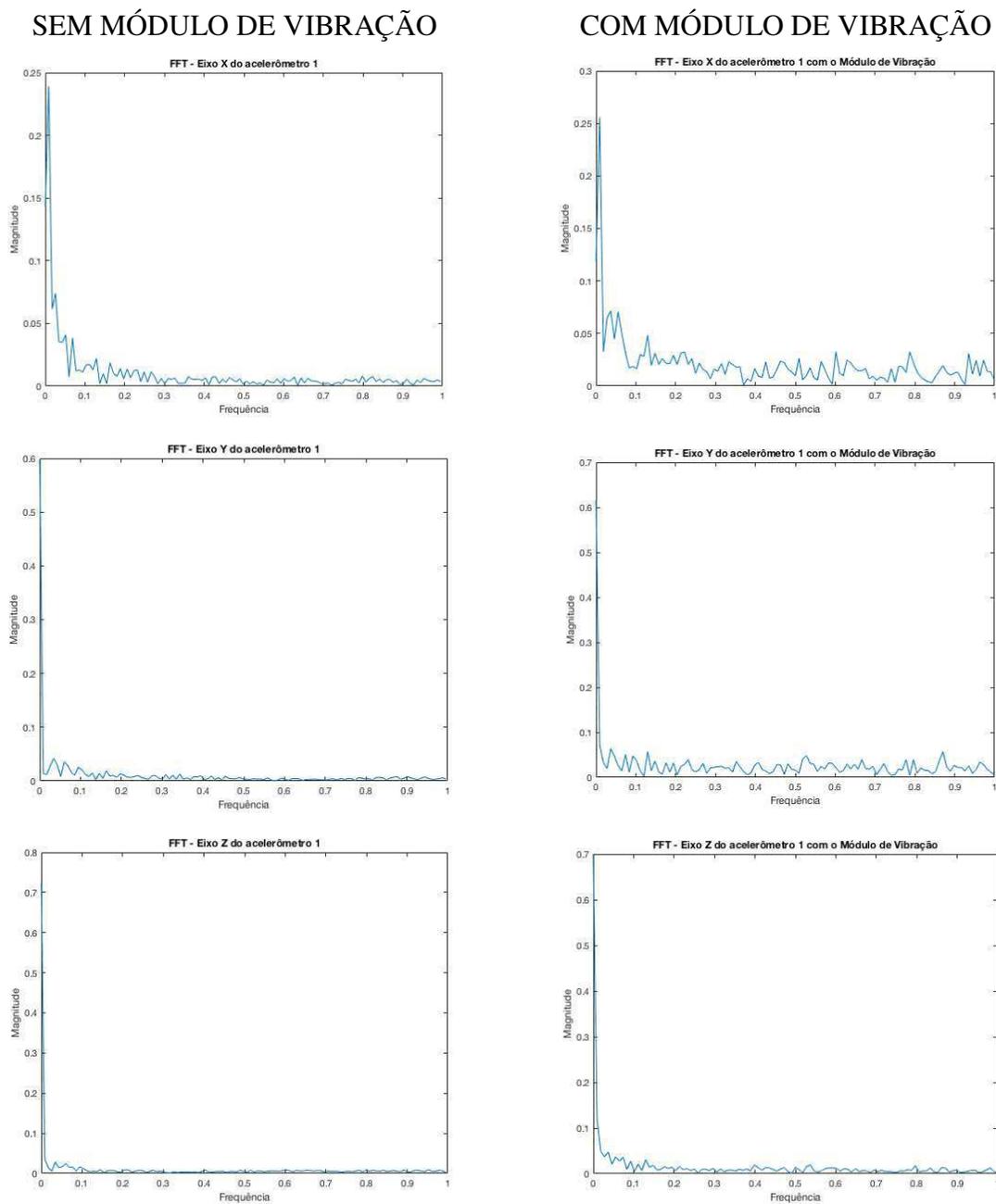
Fonte: Próprio Autor.

Figura 27 - FFT dos dados do Acelerômetro 2 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, para o sujeito 2.



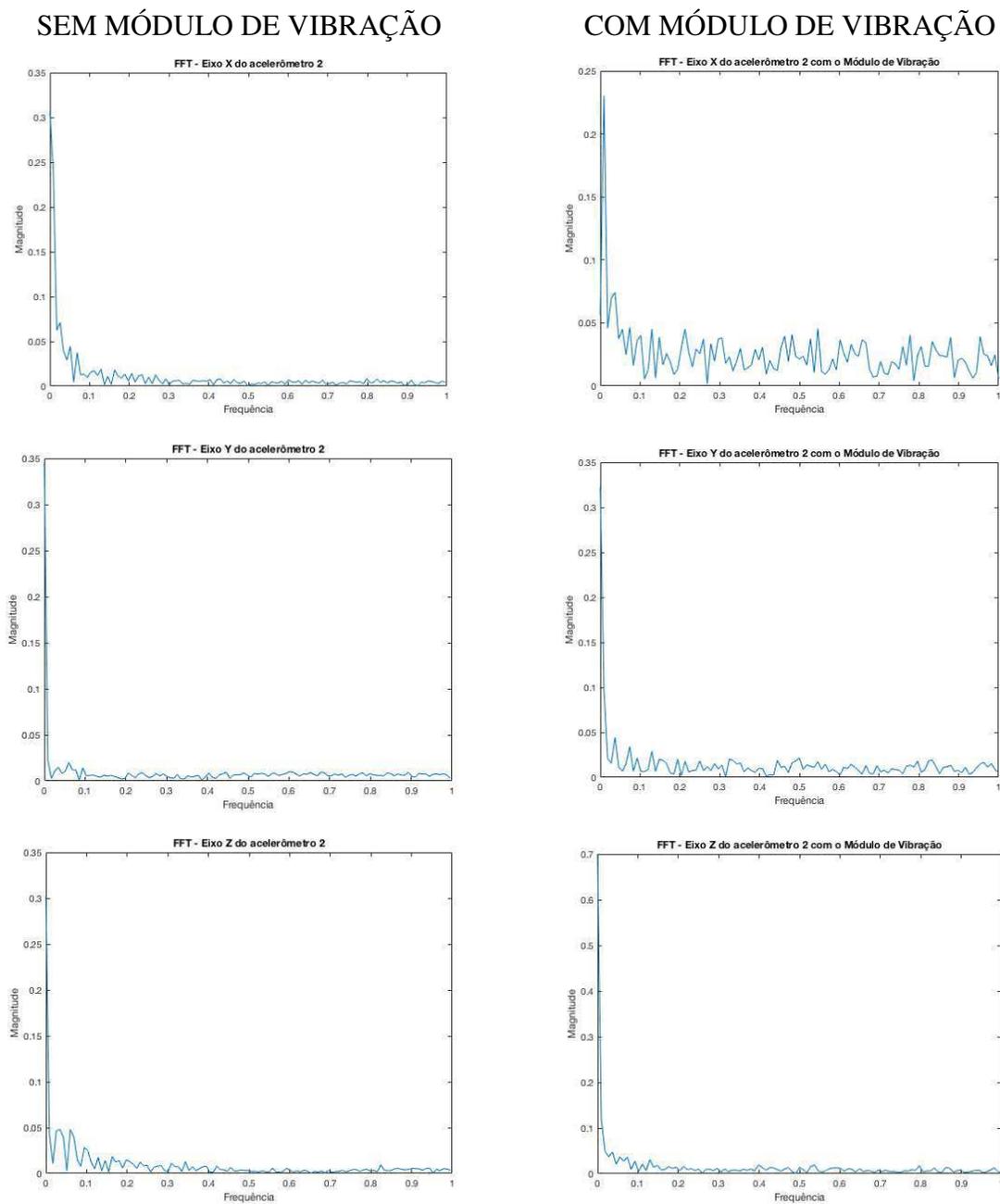
Fonte: Próprio Autor.

Figura 28 - FFT dos dados do Acelerômetro 1 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, para o sujeito 3.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 29 - FFT dos dados do Acelerômetro 2 dos eixos X, Y e Z respectivamente, sem e com o módulo de vibração, para o sujeito 3.



Fonte: Próprio Autor.

5.3 DISCUSSÕES

Com os resultados obtidos, foi possível observar que os dados medidos pelo módulo de sensoriamento estavam sendo adquiridos de forma correta, funcionando perfeitamente tanto para os experimentos realizados sem o módulo de vibração, quanto para os que foram realizados com o módulo de vibração. Além disso, pôde-se observar que com a utilização do *P-Watch*, pelos sujeitos do grupo controle, que não são portadores da doença de Parkinson, houve uma diminuição na maioria dos casos observados na magnitude da aceleração do eixo Z, o que pode ser compreendido como uma concentração maior dos usuários para realizarem as tarefas, quando submetidos as vibrações do *P-Watch*, de modo a manterem suas mãos mais estáveis e firmes em torno desse eixo.

Pôde-se observar também a presença do ruído inserido pelas vibrações nos eixos X e Y, o que pode ser tomado como base para realização de filtros em análises futuras. Esses resultados, mesmo que iniciais, apontam para o mesmo princípio utilizado pelo *Emma Watch*, o qual utiliza como hipótese que os tremores da doença surgem de um ciclo de feedback errôneo, no qual o cérebro está supercompensando um erro inicial de movimento, resultando em um tremor contínuo. Esse ciclo de feedback pode ser comprovado através dos resultados observados no eixo Z com os experimentos com o grupo de controle.

Como próximos passos, após a aprovação do projeto por um comitê de ética, estão previstos a realização de experimentos com sujeitos do grupo Parkinson (portadores da doença de Parkinson). Dessa forma, as análises e processos de validação da eficácia do *P-Watch* só poderão ser realizadas após a aceitação do plano de pesquisa que será submetido ao conselho.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de conclusão de curso desenvolvido foi de extrema importância para a formação acadêmica e profissional, pois foi possível através do mesmo, aprimorar os conhecimentos adquiridos durante toda a graduação de Engenharia Elétrica, e ainda agregar conhecimentos a respeito da neuroengenharia, com a oportunidade de ser realizado um estudo sobre a doença de Parkinson, e tudo o que vem sendo feito a partir da unificação das engenharias com a neurociência para auxiliar as pessoas portadoras dessa doença, bem como as tecnologias desenvolvidas para tal.

Durante a realização deste projeto foi possível empregar conceitos abordados em diversas disciplinas ao longo da graduação, em especial, Circuitos Elétricos, Eletrônica, Informática Industrial, Técnicas de Programação, Sistemas de Aquisição de Dados e Interface, Processos Estocásticos e muitas outras.

Os resultados obtidos por meio deste projeto, foram considerados satisfatórios. E como passo futuro, é necessária a realização de testes experimentais com pessoas portadoras da doença de Parkinson, com a provação do plano de pesquisa pelo conselho de ética, para que seja possível comprovar a eficácia ou não do *P-Wach*.

REFERÊNCIAS

- [1] PARKINSON. Albert Einstein – Sociedade Beneficente Israelita Brasileira. Disponível em: <<https://www.einstein.br/doencas-sintomas/parkinson>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- [2] FONOFF, Dr. Erich. Estimulação Cerebral Profunda. Disponível em: <<https://www.erichfonoff.com.br/doenca-de-parkinson/estimulacao-cerebral-profunda-dbs>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- [3] AGUILHAR, Ligia. Google Cria Colher para Ajudar Pacientes com Parkinson a Comer. Estadão. Disponível em: <<https://link.estadao.com.br/blogs/start/google-cria-colher-para-ajudar-pacientes-com-parkinson-a-comer/>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- [4] Microsoft. Project Emma. Disponível em: <<https://www.microsoft.com/en-us/research/project/project-emma/>>. Acesso em: 24 set. 2018.
- [5] ZACH, Heidemarie et al. “The Clinical Evaluation of Parkinson's Tremor”. Journal of Parkinson's disease. Vol. 5,3 (2015): 471-4. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4923747/>. Acesso em: 24 set. 2018.
- [6] KERKAR, Pramod. What is Pill Rolling In Parkinson's Disease?. ePainAssist. Disponível em: <<https://www.epainassist.com/parkinsons-disease/what-is-pill-rolling-in-parkinsons-disease>>. Acesso em: 21 nov. 2018.
- [7] TONELLINANDA. A terapia de estimulação cerebral profunda e a Doença de Parkinson. Disponível em: <https://cientistasfeministas.wordpress.com/2018/03/28/a-terapia-de-estimulacao-cerebral-profunda-e-a-doenca-de-parkinson/>. Acesso em: 14 dez. 2018.
- [8] GERSZT, Paula et al. Interferência do Tratamento Medicamentoso Imediato e Tardio na Doença de Parkinson no Gerenciamento da Disfagia. Rev. CEFAC. 2014 Mar-Abr; 16(2):604-619.
- [9] GONZALEZ-USIGLI, Hector A.; ESPAY, Alberto. Doença de Parkinson (DP). Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt-br/casa/dist%C3%BArbios-cerebrais,-da-medula-espinal-e-dos-nervos/doen%C3%A7as-do-movimento/doen%C3%A7a-de-parkinson-dp>. Acesso em: 27 nov. 2018.

- [10] PATHAK, Anupam et al. “*A noninvasive handheld assistive device to accommodate essential tremor: a pilot study*”. *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society* vol. 29,6 (2013): 838-42.
- [11] PARKIN, Simon. Esperança em uma luva para pacientes com Parkinson. Disponível em: <https://www.technologyreview.com/s/545456/hope-in-a-glove-for-parkinsons-patients/>. Acesso em: 16 dez.2018.
- [12] Arduino e Cia. Acelerômetro e Giroscópio MPU6050. Disponível em: <https://www.arduinoecia.com.br/2015/04/acelerometro-giroscopio-mpu-6050.html>. Acesso em: 11 dez. 2018.
- [13] FILIPEFLOP. Motor de Vibração 1027. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/motor-de-vibracao-1027/>. Acesso em: 11 dez. 2018.
- [14] SOUZA, Fábio. Introdução ao Arduino - Primeiros passos na plataforma. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/arduino-primeiros-passos/>. Acesso em: 11 dez. 2018.
- [15] TECHTUDO. Faça o download do PuTTY e crie conexões seguras entre servidores. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/putty.html>. Acesso em: 11 dez. 2018.

APÊNDICE

**APÊNDICA A: MEDICAMENTOS UTILIZADOS PARA TRATAR A DOENÇA DE
PARKINSON**

Medicamentos utilizados para tratar a doença de Parkinson

Medicamento	Alguns efeitos colaterais	Comentários
Precursor da dopamina		
Precursor da dopamina		
Levodopa (administrado com carbidopa)	<p>Para levodopa: Movimentos involuntários (da boca, da face e dos membros), pesadelo, baixa pressão sanguínea quando a pessoa fica de pé (hipotensão ortostática), constipação, náusea, sonolência, confusão, alucinação, paranoia, palpitação e rubor.</p> <p>Se esses medicamentos forem interrompidos de repente, síndrome neuroléptica maligna (com febre alta, pressão sanguínea alta, rigidez muscular, lesão muscular e coma), que pode pôr em risco a vida.</p>	Esta combinação é a base do tratamento. A carbidopa auxilia no aumento da eficácia de levodopa e reduz seus efeitos colaterais. Depois de muitos anos, a eficácia da combinação pode diminuir.
Agonistas da dopamina		
Pramipexol Ropinirol	<p>Sonolência, náusea, hipotensão ortostática, movimentos involuntários, confusão, comportamento obsessivo-compulsivo, impulsos novos ou aumentados (como apostas) e alucinações</p> <p>Quando esses medicamentos são interrompidos de repente, ocorre a síndrome maligna neuroléptica.</p>	No início da doença, esses medicamentos podem ser usados individualmente ou com pequenas doses de levodopa para possivelmente retardar os efeitos colaterais. Posteriormente, na doença, os agonistas da dopamina são úteis quando os efeitos “on-off” de levodopa a tornam menos eficaz. Esses medicamentos são especialmente úteis em pessoas com menos de 65 anos.
Apomorfina	Náusea grave, vômito e nós (nódulos) embaixo da pele no local da injeção	Este medicamento de ação rápida é injetado embaixo da pele. É usado como terapia de resgate para reverter o efeito “off” da levodopa.
Rotigotina	Sonolência, náusea, hipotensão ortostática, confusão, comportamento obsessivo-compulsivo, impulsos novos ou aumentados (como apostas), alucinações, ganho de peso (possivelmente devido à retenção de líquidos) e algumas vezes irritação da pele onde o adesivo é aplicado	Este medicamento está disponível em adesivo cutâneo. É usado sozinho, no início da doença. O adesivo é usado continuamente, por 24 horas, depois é removido e substituído. O adesivo deve ser colocado em locais diferentes, todos os dias, para reduzir o risco de irritação na pele.
Inibidores da MAO-B		
Rasagilina	Náusea, insônia, sonolência e inchaço devido ao acúmulo de líquido (edema)	A rasagilina pode ser usada individualmente para adiar o uso da levodopa, mas geralmente é administrada como um complemento a levodopa. Na melhor situação, a rasagilina é modestamente eficaz.
Selegilina	Quando administrada com levodopa, piora os efeitos colaterais da levodopa, incluindo náusea, confusão, insônia e movimentos involuntários	A selegilina pode ser usada individualmente para adiar o uso da levodopa, mas geralmente é administrada como um complemento da levodopa. No melhor dos casos, a selegilina é modestamente eficaz.
*Medicamentos com efeitos anticolinérgicos são raramente utilizados para tratar a doença de Parkinson, uma vez que eles são apenas levemente eficazes e apresentam efeitos colaterais incômodos.		
MAO-B = monoamina oxidase tipo B; COMT = catecol O-metiltransferase.		

Medicamento	Alguns efeitos colaterais	Comentários
Inibidores da COMT		
Entacapona Tolcapona	Quando administrada com levodopa, piora os efeitos colaterais da levodopa, incluindo náusea, confusão e movimentos involuntários Diarreia, dor nas costas e urina laranja Raramente com tolcapona, risco de lesão hepática	Esses medicamentos podem ser utilizados como suplemento da levodopa nas fases avançadas da doença, e para prolongar o intervalo entre as doses de levodopa. São utilizados apenas com levodopa. Quando a tolcapona é utilizada, os médicos periodicamente realizam exames de sangue para avaliar a eficiência da função hepática ou se há lesões (testes de função hepática)
Medicamentos com efeitos anticolinérgicos*		
Benztropina Triexifenidilo Antidepressivos tricíclicos (como amitriptilina), usados caso a depressão também precise ser tratada. Algumas anti-histaminas (como difenidramina)	Sonolência, confusão, boca seca, visão turva, tontura, constipação, dificuldade em urinar, perda do controle da bexiga e regulação irregular da temperatura do corpo	Esses medicamentos podem ser dados individualmente em fases iniciais para jovens cujo sintoma incômodo é o tremor. Esses medicamentos podem reduzir o tremor, mas não têm influência nos movimentos lentos, nem no alívio da rigidez muscular.
Medicamento antiviral		
Amantadina	Náusea, tontura, insônia, ansiedade, confusão, edema, dificuldade em urinar, piora do glaucoma e descoloração graduada da pele, devido aos vasos sanguíneos dilatados (livedo reticular) Raramente, quando o medicamento é cessado ou a dose é reduzida, síndrome maligna neuroléptica	A amantadina é usada individualmente nos estágios iniciais para doença moderada, mas pode se tornar ineficiente depois de vários meses. Posteriormente, é usado para suplementar a levodopa e para diminuir os movimentos involuntários devido à levodopa.
Betabloqueador		
Propranolol	Espasmo das vias respiratórias (broncoespasmo), frequência cardíaca anormalmente lenta (bradicardia), insuficiência cardíaca, pressão arterial baixa, níveis de açúcar no sangue aumentados, circulação periférica deficiente, insônia, fadiga, falta de ar, depressão, sonhos vívidos, alucinações e disfunção sexual	O propranolol pode ser utilizado para reduzir a gravidade dos tremores agravados quando se mantém um membro em uma posição que requer resistência à força da gravidade (tremores posturais). O propranolol pode aumentar o açúcar no sangue em pacientes com diabetes. Também pode fazer com que os sinais de alerta de glicose no sangue (hipoglicemia) fiquem menos óbvios. (Tomar um medicamento para diabetes pode fazer com que os níveis de glicose no sangue diminuam muito.) Esse efeito é perigoso para pessoas com diabetes.
*Medicamentos com efeitos anticolinérgicos são raramente utilizados para tratar a doença de Parkinson, uma vez que eles são apenas levemente eficazes e apresentam efeitos colaterais incômodos.		
MAO-B = monoamina oxidase tipo B; COMT = catecol O-metiltransferase.		