

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE  
DO NORTE, CAMPUS NATAL -ZONA NORTE

LUCAS MICAEL GOMES DO NASCIMENTO  
WALESKA ALICE FREITAS MAIA

**PIMPARK - PULSEIRA VIBRATÓRIA INIBIDORA DOS TREMORES DA DOENÇA  
DE PARKINSON**

NATAL – RN  
2019

LUCAS MICAEL GOMES DO NASCIMENTO  
WALESKA ALICE FREITAS MAIA

**PIMPARK - PULSEIRA VIBRATÓRIA INIBIDORA DOS TREMORES DA DOENÇA  
DE PARKINSON**

Projeto de Pesquisa realizado por alunos do Curso de Nível Médio em Eletrônica, do Instituto de Educação, Ciência e tecnologia do Rio Grande do Norte.

Orientador: Alysson Paulo Holanda Lima

NATAL – RN  
2019

LUCAS MICAEL GOMES DO NASCIMENTO  
WALESKA ALICE FREITAS MAIA

**PIMPARK - PULSEIRA VIBRATÓRIA INIBIDORA DOS TREMORES DA DOENÇA  
DE PARKINSON**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Nível Médio em Eletrônica, do Instituto  
de Educação, Ciência e tecnologia do Rio Grande  
do Norte, em cumprimento às diretrizes para  
obtenção do título de Técnico em Eletrônica.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em: 06/12/2019

---

Prof. Alysson Paulo Holanda Lima, - Professor Orientador  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Matrícula: 3095832

---

Prof. Dr. Érico Cadineli Braz, - Coordenador do Curso Técnico Integrado em Eletrônica  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Matrícula: 2467721

NATAL/RN  
2019

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, vale salientar que sozinhos nada seríamos. Somos uma construção de cada experiência vivida durante todos esses anos. Queríamos agradecer primeiramente a Deus por nos ter proporcionado o prazer de sentir essa experiência de ser federal e, principalmente, mais um Eletronika.

Segundamente, aos nossos familiares que tanto lutaram para nós dar toda a assistência possível e que pudéssemos nos dedicar aos estudos do curso técnico. Ao nosso orientador Alysson, por estar sempre disposto a nos ajudar e tirar nossas dúvidas, agradecemos por acreditar em nós. Além dele, tivemos professores como Daniel Guerra e Érico Braz que sempre nos motivaram e insistiram na nossa caminhada árdua em eletrônica.

Por último e talvez um dos mais importantes, nossos amigos e colegas de classe, com quem dividimos nossa ansiedade, dedicaram o nosso imenso carinho. Em especial, a Jordan, um dos maiores apoiadores do presente projeto e nosso braço direito que nunca falhou; à Winni, por no início de nossa caminhada ter nos acompanhado e aos colegas de turma e do campus por ter transformado toda a trajetória a mais inesquecível possível.

## RESUMO

Antes de tudo, é necessário salientar a importância da inserção de alunos do ensino médio no mundo das pesquisas, sejam eles de escolas públicas, particulares regulares ou com ensino técnico, para que desenvolvam esse tipo de cognição e estejam prontos caso necessidades desse tipo apareçam. Além disso, é mais importante ainda, estar sempre estimulando projetos de pesquisa e a formulação de aparelhos voltados para a área da saúde, assim como a constante busca por meios de se solucionar os diversos problemas existentes da sociedade. O projeto consiste em uma pulseira que libera estímulos vibratórios ou elétricos na tentativa de controlar e reduzir os movimentos involuntários causados pela Doença de Parkinson. A pulseira age para inibir parcialmente os tremores nas mãos causados pela doença, ou seja, não será capaz de tornar o usuário livre da condição de paciente, mas, trará ao mesmo, momentos de controle parcial dos movimentos das mãos, melhorando assim sua qualidade de vida. A ideia partiu do "Emma Watch", relógio desenvolvido pela Microsoft que utiliza motores vibratórios para fazer com que o cérebro se "distraia" e não se foque em tentar controlar os membros do paciente. Além de diversos sites de pesquisa, o livro "Como enfrentar o Parkinson", da editora "Alto Astral", foi um importante aliado no estudo a respeito do tema. Partindo disso, foi buscada e obtida com sucesso a reprodução desse aparelho, barateando-o e ainda implementando outra forma de fisioterapia: a eletroestimulação.

**Palavras-chave:** Pulseira. Vibração. Eletroestimulação. Tratamento. Parkinson.

## ABSTRACT

First and foremost, it is necessary to emphasize the importance of inserting high school students into the research world, whether they are from public, private or technical schools, to develop this type of cognition and be ready if such needs arise. Moreover, it is even more important to be always stimulating research projects and the formulation of health care devices, as well as the constant search for ways to solve the various existing problems of society. The project consists of a bracelet that releases vibratory or electrical stimuli in an attempt to control and reduce involuntary movements caused by Parkinson's disease. The bracelet acts to partially inhibit hand tremors caused by the disease, ie will not be able to make the user free from the patient condition, but will at the same time bring moments of partial control of hand movements, thus improving their quality of life. The idea came from "Emma Watch", a watch developed by Microsoft that uses vibrating motors to make the brain "distracted" and not focus on trying to control the patient's limbs. In addition to several research sites, the book "How to face Parkinson", the publisher "High Astral", was an important ally in the study on the subject. From this, it was successfully sought and obtained the reproduction of this device, making it cheaper and still implementing another form of physiotherapy: electrostimulation.

**Keywords:** Bracelet. Vibration. Electrostimulation. Treatment. Parkinson.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Emma Watch.....	18
Figura 2 - Arduino pro mini .....	19
Figura 3 - Vibra call cilíndrico .....	19
Figura 4 - Vibra call plano circular .....	19
Figura 5 - MPU6050.....	20
Figura 6 - Datasheet transistor BC546 .....	21
Figura 7 - Circuito boost/step up .....	22
Figura 8 – Módulo boost step up .....	22
Figura 9 - Amp Op circuito básico .....	23
Figura 10 - Amp Op sem realimentação.....	23
Figura 11 - Amp Op com realimentação positiva.....	24
Figura 12 - Amp Op com realimentação negativa.....	24
Figura 13 - LM324 Cápsula.....	25
Figura 14 - LM324 Datasheet.....	25
Figura 15 – Pushbutton.....	25
Figura 16 - Pushbutton retentivo .....	25
Figura 17 - TENS e eletrodos .....	26
Figura 18 - Simulação circuito vibração.....	27
Figura 19 - Simulação circuito eletroestimulação .....	28
Figura 20 - Fluxograma de funcionamento .....	29
Figura 21 - Código de controle da frequência .....	30
Figura 22 - Código de controle da porta dos motores .....	30
Figura 23 - Gráfico giro de X - pessoa normal comendo .....	31
Figura 24 - Gráfico giro de X - pessoa com Parkinson comendo .....	32
Figura 25 - Código exemplo de funcionamento automático .....	33
Figura 26 - Montagem em protoboard.....	33
Figura 27 - Layout para PCI.....	34
Figura 28 - Modelo de protótipo.....	35
Figura 29 - Forma de onda da eletroestimulação .....	36
Figura 30 - Placa de circuito impresso – cima.....	37
Figura 31 - Placa de circuito impresso – baixo .....	37
Figura 32 - Protótipo desenvolvido pela impressora 3D .....	38

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	11
<b>2.1. OBJETIVOS GERAIS</b> .....	11
<b>2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	11
<b>3. JUSTIFICATIVA</b> .....	12
<b>4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	13
<b>4.1. DOENÇA DE PARKINSON</b> .....	13
<b>4.1.1. CLASSIFICAÇÃO</b> .....	13
<b>4.1.2. CAUSAS</b> .....	13
<b>4.1.3. PROGNÓSTICO GENÉTICO</b> .....	14
<b>4.1.4. DIAGNÓSTICO</b> .....	15
<b>4.1.5. TRATAMENTO CONVENCIONAL</b> .....	16
<b>4.1.6. TRATAMENTO ALTERNATIVO</b> .....	16
<b>4.1.7. CASOS CIRÚRGICOS</b> .....	17
<b>4.2. EMMA WATCH</b> .....	17
<b>4.3. ARDUINO PRO MINI</b> .....	18
<b>4.4. MOTORES VIBRA CALL</b> .....	19
<b>4.5. MPU 6050</b> .....	20
<b>4.6. TRANSISTOR BC546</b> .....	20
<b>4.7. CONVERSOR BOOST - STEP UP</b> .....	21
<b>4.8. CI LM324 – AMP OP</b> .....	22
<b>4.9. PUSHBUTTON</b> .....	25
<b>5. METODOLOGIA</b> .....	27
<b>5.1. ESTIMULAÇÃO VIBRATÓRIA</b> .....	27
<b>5.2. ELETROESTIMULAÇÃO</b> .....	27



<b>5.3. FUNCIONAMENTO</b> .....	29
<b>5.3.1. MODO MANUAL</b> .....	29
<b>5.3.2. MODO AUTOMÁTICO</b> .....	31
<b>5.4. MONTAGEM</b> .....	33
<b>5.5. CONFECÇÃO DA PLACA</b> .....	34
<b>5.6. PROTÓTIPO</b> .....	34
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	36
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	39
<b>8. REFERÊNCIAS</b> .....	40

## 1. INTRODUÇÃO

Na novela “Em Família”, exibida no ano de 2014 pela emissora rede Globo, o personagem “Benjamim”, de 76 anos, sofria da doença de Parkinson. O ator Paulo José Gómez de Sousa não só interpretava o portador da doença, como sofre da doença na vida real, há mais de 20 anos. Na época, o ator deu entrevistas sobre a sua vida, fisioterapias frequentes, toca piano para exercitar as mãos, fonoaudiologia e terapia corporal, além dos remédios específicos. Paulo José é apenas um dentre milhões de brasileiros que possuem a doença que, nitidamente, carece de uma atenção a mais, com pesquisas e estudos voltados para a área, visando melhorar a qualidade de vida dos pacientes, reduzindo a quantidade de remédios e fisioterapias.

Segundo notícia do “Portal R7” em abril do ano de 2018, a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou pesquisas que estimam a média de 200 milhões de brasileiros portadores da doença de Parkinson e, mundialmente falando, pelo menos 1% da população vive com a doença que, na maioria dos casos, acometem idosos acima de 60 anos, podendo também acometer jovens e adultos abaixo dessa faixa. De acordo com matéria do repórter de saúde André Biernath, exposta no site “Saúde Abril”, a doença de Parkinson, descrita e documentada pela primeira vez em 1817 pelo médico britânico James Parkinson, consiste em uma doença neurológica crônica, de caráter progressivo e degenerativo, que acomete principalmente o sistema motor, podendo ocorrer também manifestações não motoras, como distúrbios do sistema nervoso autônomo, distúrbios de sono, déficit de memória, depressão, entre outras. Não há cura para a doença de Parkinson e o objetivo do tratamento é apenas controlar os sintomas.

Com isso, buscando na eletrônica um meio para diminuir os impactos causados pela doença para obter uma maior qualidade de vida, pensou-se em uma pulseira de uso próprio do paciente, para o cotidiano, capaz de diminuir os tremores nos pulsos, tornando possíveis atividades do dia-a-dia realizadas com as mãos e solucionando crises com tremores de alta intensidade. A pulseira emite sinais vibratórios e elétricos na região, tentando confundir o cérebro para que o mesmo esqueça-se de “vibrar” ou na tentativa de enrijecer o músculo de um movimento involuntário pesado, fazendo com que o portador tenha uma atenuação ou até inibição de tremores, podendo assim ter mais controle sobre seus tremores e, conseqüentemente, dos seus movimentos. Nosso projeto visa atingir um maior número de pacientes com uma completa customização, a qual o usuário é capaz de escolher a potência do seu tratamento e o tipo, se será eletroestimulação ou estimulação vibratória.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVOS GERAIS

Desenvolver um aparelho que pretende atuar de maneira a inibir parcialmente os tremores nas mãos dos pacientes, tornando possível a realização de atividades comuns ao portador, como ler, escrever, comer, digitar em um computador, costurar, utilizar seu smartphone, dentre outras.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Melhorar a qualidade de vida do paciente, promovendo a ele a realização de atividades diárias simples e essenciais que, normalmente, ele não realiza ou não realiza com a mesma eficácia de quando era saudável;
- Auxiliar na fisioterapia/tratamento;
- Funcionar como possível válvula de escape para crises fortes;
- Elaborar um protótipo de fácil utilização do usuário, a partir de sensores internos e atuadores externos;
- Buscar componentes sempre de menor tamanho e menor custo possível, de modo a produzir um aparelho eletrônico rentável e eficiente.

### 3. JUSTIFICATIVA

Escrita, alimentação, arremessar ou pegar objetos ou até tocar um instrumento e dentre outros; essas são coisas simples para qualquer pessoa, algo que a grande maioria consegue com facilidade, porém, para uma pessoa com a doença de Parkinson, essas são grandes coisas, são atos significativos que, dependendo do estágio da doença, o simples fato de conseguir realizar um deles já é um avanço e tanto.

No Brasil, segundo dados de pesquisas realizadas pelo Hospital Israelita Albert Einstein extraídos no próprio site do hospital, provavelmente são mais de 600 mil parkinsonianos com 64 anos de idade ou mais. E isto não leva em conta os portadores da doença jovens, aqueles que desenvolvem em idades bem inferiores à faixa etária típica. Por isto, seja no Brasil ou em qualquer país do mundo, trata-se da segunda doença neurodegenerativa mais comum. Considerando o envelhecimento da população brasileira nas próximas décadas, é possível entender o impacto desta enfermidade, social e econômico, em um futuro não muito distante.

Além dos medicamentos, como consta no item 4.1.5, existem sessões de fisioterapias e métodos alternativos para ajudar no tratamento da doença em questão, como alongamentos, treinos de equilíbrio e coordenação, exercícios posturais e respiratórios, com o objetivo de manutenção dos movimentos, melhora do equilíbrio, aumento da capacidade pulmonar, dentre outros. Quando não tratada, a doença piora até que a pessoa esteja totalmente incapacitada, pode levar a total deterioração das funções cerebrais e morte prematura.

Tendo em vista a diminuição do uso de medicamentos e das fisioterapias constantes para o controle dos movimentos, fugindo ainda também da possibilidade de um caso cirúrgico, como descrito no item 4.1.7, foi pensado em um dispositivo, uma pulseira, capaz de liberar impulsos nervosos. A pulseira é considerada um avanço na fisioterapia, uma vez que não seria algo realizado periodicamente pelo paciente como os exercícios, mas estaria presente todo o tempo no pulso do usuário.

Ficaria a critério do paciente, com base no acompanhamento médico e fisioterapêutico, levando em conta ainda outros sintomas causados pela doença e seu estágio, o uso da pulseira. O usuário apenas trocava as pilhas do equipamento quando essas se esgotassem. O aparelho, ao todo, será produzido com um baixíssimo custo, chegando ao cliente com um preço acessível, não tão mais caro que o preço de sua produção, possuindo um alto custo-benefício, já que, uma vez comprado, é de uso permanente do paciente para algo importantíssimo, seu tratamento e sua qualidade de vida.

## 4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1. DOENÇA DE PARKINSON

Em meados de 1817, o cirurgião inglês James Parkinson, residente em Londres, redigiu um ensaio denominado “The Shaking Palsy”- na tradução brasileira, “Introdução à Paralisia Agitante”. Tratava-se da análise comportamental de nove pacientes, com idade média de 60 anos, para a identificação de uma nova patologia, a partir dos critérios por ele estabelecidos. Como primeiro contato, James considerou a doença como uma forma diferente de paralisia, caracterizada por tremores e festinação. No início os sintomas foram descritos como: sensação de fraqueza repentina, fadiga e alterações graduais nas atividades cotidianas. Posteriormente, a “paralisia agitante” foi cunhada como “Doença de Parkinson” pela cientista francês Jean Martin Charcot, especialista em psiquiatria e neurologia, sendo descrita com mais precisão.

#### 4.1.1. CLASSIFICAÇÃO

Caracterizada como uma doença neurodegenerativa, a Doença de Parkinson afeta os movimentos do sistema motor, especificamente o extrapiramidal, uma rede neural localizada na medula espinhal. Esse sistema age nos movimentos inconscientes do corpo como o equilíbrio, caminhar e escrita e, de maneira degenerativa, o quadro clínico evolui e os movimentos ficam cada vez mais lentos, causando tremor de repouso, nas extremidades, instabilidade postural, rigidez nas articulações e movimentos freados. A doença raramente é perceptível logo de início, os primeiros sinais são identificados por pessoas próximas ao portador, esse pode ser do sexo masculino ou feminino a partir dos 55 anos de idade e, muitas das vezes, ao chegar ao consultório médico já está com 70% das células nervosas da substância negra comprometidas. A patologia não tem cura e torna o portador mais vulnerável a outros problemas, além de que, as habilidades perdidas jamais serão recuperadas.

#### 4.1.2. CAUSAS

Antes de indicar as causas da Doença de Parkinson, é necessário compreender como funciona o cérebro, elemento fundamental do corpo humano. No sistema nervoso central, está localizado no tronco cerebral o mesencéfalo, onde reside a substância negra, responsável pela

produção de dopamina, um neurotransmissor que ajuda no processo de recompensa e vício. Os neurônios da porção compacta, parte da substância negra, mantêm conexões com os núcleos da base, parte do cérebro que controla a coordenação motora, emoções e cognição.

Já a porção reticular, a partir de células menores e menos pigmentadas com a neuromelanina, faz conexão com o tálamo cerebral e tem continuidade anatômica com outro núcleo da base, o corpo estriado. Quando essa área sofre uma lesão, pode haver diminuição de dopamina no corpo estriado e interferir, principalmente, no tônus muscular. Dessa maneira, as principais consequências se concentram nas contrações musculares, já que, a dopamina atua como a emissária responsável entre as partes do cérebro e sistema nervoso, auxiliando juntos na coordenação dos movimentos corpóreos.

#### 4.1.3. PROGNÓSTICO GENÉTICO

Existem processos bioquímicos e mais de 20 variações genéticas que foram associadas ao risco de desenvolvimento da Doença de Parkinson que tentam justificar a morte das células da porção compacta e reticular. A mais simples dessas hipóteses se refere a disfunção das mitocôndrias, organela responsável pela maior parte de produção de energia das células. A segunda vertente se refere ao estresse oxidativo que, ao ocorrer, rompe a membrana celular e libera o conteúdo interno para o meio externo, criando uma substância nociva ao meio. Outra justificativa envolve a excitotoxicidade, de modo que as células são prejudicadas por conta da grande estimulação entre neurônios e neurotransmissores, como a serotonina, que desempenha um profundo efeito no humor, na ansiedade e na agressão.

De maneira geral, o Parkinson é uma patologia com inúmeros fatores, entre eles, a ingestão de medicamentos e os níveis de vitamina D são algumas das hipóteses. Notícia publicada pelo jornal online “BBC News” em 2008, apresentou estudos de cientistas da Universidade de Emory publicado pela revista *Archives of Neurology*, que analisavam os níveis de vitamina D no sangue de indivíduos entre 50 e 79 anos, 100 pessoas com Parkinson, 100 com Mal de Alzheimer e 100 idosos saudáveis, a fim de comparar suas respectivas amostras e comprovar se os baixos níveis presentes no corpo desses indivíduos estariam ligados ao risco do desenvolvimento da DP, constatando o baixo índice de vitamina no sangue em 55% dos pacientes de Parkinson tinham níveis insuficientes de vitamina D, em comparação com 41% dos pacientes com Alzheimer e 36% dos idosos saudáveis. Ao fim da pesquisa, sugeriram a capacidade da vitamina de regular a atividade neural.

Além disso, quando o assunto se trata da ingestão de medicamentos, a “Parkinson’s Disease Society”, instituição de pesquisa do Reino Unido, em 2008, considerou o uso de substâncias tanto para tratamento de esquizofrenia, quanto para distúrbios psicóticos como forma de induzir a doença, principalmente, medicamentos de uso contínuo que bloqueiam a ação da dopamina, uma vez que esses fármacos provocam alterações nos gânglios da base, ligados ao tálamo.

A síndrome, em geral, permanece estática ao longo do tempo, sem degeneração. Assim, quando o consumo do remédio acaba, é comum que pacientes parem de apresentar alguns dos sintomas similares ao Parkinson em até 2 anos, dependendo do tempo de uso. Portanto, por abranger uma gama de possibilidade de patologias, são indispensáveis exames laboratoriais, para que o especialista avalie as possíveis causas e tratamentos necessários para amenizar os sintomas.

#### 4.1.4. DIAGNÓSTICO

Inicialmente, os sintomas não são tão evidentes já que não afetam de maneira significativa o cotidiano do portador. Os tremores aparecem quando o indivíduo segura um objeto, mas cessam assim que se movimenta. Por esse motivo, é fundamental o diagnóstico médico e fisioterapêutico a partir de uma avaliação neurológica chamada “anamnese”. Nela, são abordadas questões sobre a natureza das queixas nos membros das extremidades do corpo, a duração e evolução dos sintomas, o histórico familiar, o uso de medicamentos e hábitos, para assim, demais exames serem feitos, de modo a descartar problemas com sintomas semelhantes.

Para identificação da DP, o paciente tem que apresentar pelo menos três sintomas básicos: tremor de repouso, rigidez e diminuição dos reflexos posturais. Além da avaliação neurológica, também há a opção de forma prévia da descoberta por meio do exame genético, denominado “Exoma”. O método consiste na identificação de predisposição genética a partir da avaliação da sequência de DNA, responsável por sintetizar proteínas para a formação das características do organismo. Por meio desse teste, uma pequena amostra de sangue é coletada e processada em sequenciadores para o alinhamento do DNA e organização dos dados, o resultado mostrará também a transmissão para as gerações futuras do indivíduo e o médico irá determinar a melhor opção de prevenção. Em síntese, é a partir dessas formas de avaliação que será identificado o meio apropriado de conter ou atenuar os sintomas, garantindo o bem-estar do paciente.

#### 4.1.5. TRATAMENTO CONVENCIONAL

No Brasil, alguns remédios são distribuídos gratuitamente pelo Sistema Único de Saúde (SUS) tornando-se viável o tratamento por meio de medicamentos, não contando somente por técnicas clínicas. O medicamento mais comum é o Levodopa, um dopaminérgico com ação semelhante à dopamina, criado por George Cotzias, em 1967, para ser ingerido de forma oral. O cientista baseou-se na pesquisa do farmacologista Arvid Carlsson, o qual havia testado a ação da dopamina em animais e percebeu que sua baixa quantidade nos tecidos cerebrais ocasionava a perda do controle motor e ao manipular de forma oral a dopamina no sistema nervoso central de alguns ratos, desencadeou uma redução da rigidez muscular e maior agilidade na execução dos movimentos. A desvantagem desse medicamento são os efeitos colaterais a curto e longo prazo, assim, fazendo o portador recorrer a outros fármacos disponíveis como o pramipexol, um antagonista dopaminérgico capaz de fazer o cérebro aumentar os níveis do neurotransmissor no corpo. Já a classificação de medicamentos conhecidos como “anticolinérgicos” têm efeito nos músculos lisos, induzindo seu relaxamento para amenizar o tremor nos membros afetados.

Outro ponto importante que vale ressaltar está relacionado com o fato de alguns medicamentos que não podem ser utilizados fazendo o uso de outro medicamento. Por isso, é importante ressaltar o aconselhamento de um profissional qualificado.

#### 4.1.6. TRATAMENTO ALTERNATIVO

É perceptível a utilização cada vez mais intensa de métodos alternativos para a inibição de comorbidades: os impactos psicológicos na autoestima e confiança, a rigidez dos músculos, os leves lapsos de memória. E na DP não é diferente, a terapia alternativa é capaz de otimizar a ação dos medicamentos e estimular os movimentos do portador da doença, além do aumento da confiança e autoestima.

As atividades podem ser das mais diversas como: yoga, vídeo game ou até mesmo pilates. Uma pesquisa realizada pela Faculdade de Medicina de Jundiaí (SP), publicada pelo G1 em 2013, comprovou a melhoria no equilíbrio e na coordenação motora de alguns voluntários de idade avançada com o uso de videogame para a estimulação dos movimentos de pacientes com Parkinson. Outro meio como o yoga, pode proporcionar o aumento da concentração e diminuir a ansiedade. Assim como também, o pilates, que traz melhoria na capacidade respiratória e de alongamento dos músculos. Contudo, as terapias alternativas



valem como complemento do tratamento convencional, elas acontecem para melhorar dificuldades específicas para manutenção de hábitos e mentes saudáveis.

#### 4.1.7. CASOS CIRÚRGICOS

Em casos mais graves, atualmente a cirurgia denominada Estimulação Cerebral Profunda (DSB, em inglês) é indicada em casos de DP, com movimentos involuntários mais complexos, para amenizar os sintomas quando o tratamento convencional já não é suficiente. A indicação clínica ocorre através da coleta de dados como idade, nível de incômodos e o diagnóstico da doença tem que ter o mínimo de 5 anos e, com esses requisitos só 10 a 15% dos pacientes são favorecidos. A DBS pode ser ofertada pelo SUS e implementa cirurgicamente um eletrodo no cérebro, conectado a uma espécie de marcapasso preso sob a pele na região da clavícula, que emite impulsos elétricos para regular os estímulos do corpo e amenizar os movimentos involuntários. Essa operação é possível pela ação da nanotecnologia que permite o uso de dispositivos em área cada vez menores. É importante salientar que o procedimento não está livre de complicações como a má colocação ou até mesmo hemorragia craniana, sendo assim, uma cirurgia bem delicada.

#### 4.2. EMMA WATCH

A Microsoft apresentou na Convenção Build 2017 alguns dos mais recentes projetos tecnológicos, mas nenhum tocou tanto a audiência como a Emma: uma pulseira que ajuda a controlar os tremores dos pacientes com Parkinson. Segundo o Beta News, a pulseira, criada por Haiyan Zhang, tem este nome porque foi inspirada e testada por Emma, uma paciente que sofre da doença há vários anos. Por causa dos constantes tremores, tem dificuldade em escrever ou desenhar. Com a bracelete no pulso, os movimentos involuntários parecem ficar sob controle. Apesar do sucesso do produto ter sido atestado, os próprios criadores ainda não têm 100% de certeza de como o mecanismo funciona.

O Emma Watch utiliza motores vibratórios – semelhantes aos dos telemóveis – para fazer com que o cérebro se distraia e não se foque em tentar controlar os membros do paciente. Para simplificar, Zhang acredita que o cérebro de quem sofre Parkinson está em guerra consigo mesmo. Metade tenta mover uma mão, outra metade tenta pará-la. Os dois sinais combatem e amplificam-se mutuamente, causando tremores. O aparelho termina o feedback em loop.

*Figura 1 - Emma Watch*



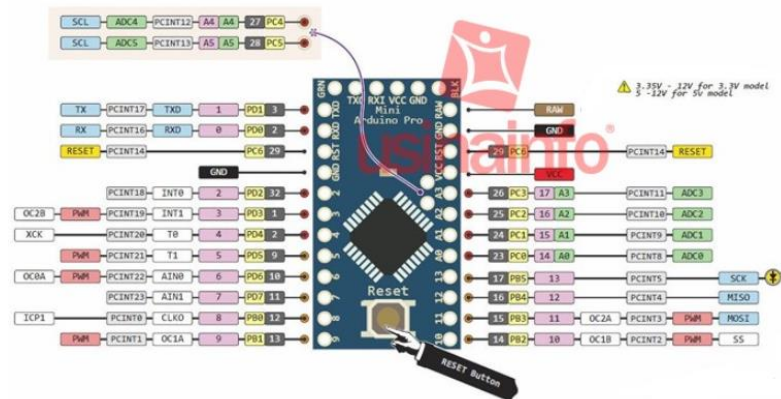
*Fonte: Design Brasil*

#### 4.3. ARDUINO PRO MINI

O Arduino Pro Mini é uma pequena plataforma de prototipagem baseada no microcontrolador ATmega328P, criada para uso em pequenos projetos eletrônicos, permitindo ainda instalação fácil em protoboards, ocupando mínimo espaço. Extremamente compacto, é considerado ideal para a montagem de projetos de pequeno porte e comparado ao popular Arduino Uno, por exemplo, o Arduino Pro Mini tem em média 1/4 do tamanho, com dimensões 33x18x3mm. Essa placa combina todas as funcionalidades possibilitadas pelo microcontrolador em uma placa muito pequena, possuindo diversos pinos de conexão.

Para maior comodidade possui local para variados pinos de conexão, o que torna mais simplificada a instalação do Arduino Pro Mini junto a qualquer projeto, onde permite conexões com diversos sensores e módulos eletrônicos. Muito prático, conta com catorze pinos de entrada digitais, entre os quais seis podem ser utilizados como saídas PWM para conexão com vários tipos de atuadores. Apresenta ainda oito entradas analógicas para interface com sensores que trabalhem com variáveis analógicas. Para sua programação, é necessário usar um Arduino maior, sem o chip ATMEGA, com as conexões adequadas de RX-TX. A programação é feita diretamente no programa IDE Arduino, bastando carregar os códigos de acordo com os sensores que estiver utilizando e carregá-lo.

Figura 2 - Arduino pro mini



Fonte: Usina Info

#### 4.4. MOTORES VIBRA CALL

A denominação “Vibra Call” vem do inglês, “chamada de vibra”; consiste em um micro motor vibratório usado em celulares para realizar baixas vibrações, identificando notificações, chamadas, dentre outras funções. Existem dois principais tipos de motores Vibra Call utilizados em celulares, o modelo cilíndrico (figura 3) e o modelo plano (figura 4). O modelo plano adapta-se mais facilmente a projetos tendo em vista seu formato, praticidade e pelo fato de vibrar apenas com a alimentação, já o cilíndrico, só vibra se a sua extremidade conseguir rotacionar, caso contrário, mesmo alimentado, o motor cilíndrico não vibra. As principais especificações do motor são: Tensão de trabalho: 2.5 - 4.0V; Velocidade de Rotação: Mín. 9000RPM; Corrente Nominal: Max. 90mA.

Figura 3 - Vibra call cilíndrico



Fonte: Mercado Livre

Figura 4 - Vibra call plano circular



Fonte: Tecnotronics

#### 4.5. MPU 6050

O MPU6050 é um sensor de seis eixos, o que significa que fornece seis valores como saída. Possui 8 pinos, 2 para o GND e o VCC e 6 para comunicação, três valores do acelerômetro (correspondentes aos eixos X, Y e Z) e três do giroscópio. Tanto o acelerômetro que é um sensor que mede aceleração, bem como a inclinação, ângulo de inclinação, rotação, vibração, colisão e gravidade, como o giroscópio que tem como objetivo monitorar a orientação, direção, movimento angular e rotação, são incorporados dentro de um único chip que utiliza o protocolo I2C para se comunicar com o controlador, nesse caso, o arduino pro mini. Um acelerômetro funciona com o princípio do efeito piezoelétrico, que é a capacidade de alguns cristais gerarem tensão elétrica por resposta a uma pressão mecânica, a qual se move em direção da inclinação devido a gravidade (direção da inclinação e sua magnitude é a mesma).

*Figura 5 - MPU6050*



*Fonte: FilipeFlop*

#### 4.6. TRANSISTOR BC546

Os transistores podem ser considerados como um tipo de chave eletrônica, usados em uma variedade de circuitos, são elementos ativos, pois dissipam apenas uma parte da potência fornecida pela fonte de alimentação. Eles são usados em uma variedade de circuitos. São centrais para a eletrônica e existem dois tipos principais, o NPN e o PNP. A maioria dos circuitos tende a usar NPN. Existem centenas de transistores que trabalham em tensões diferentes, mas todos eles se enquadram nestas duas categorias.

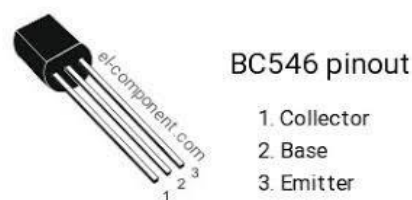
Transistores são fabricados em diferentes formas, mas eles têm três pinos (pernas) diferentes:

- Base: o principal responsável pelo controle do transistor, a partir de um resistor limitador.
- Coletor: perna positiva do transistor, onde se concentra a tensão inicial, regulada pela base.

- Emissor: perna negativa do transistor, considerada a “saída”.

Para o projeto em questão foi utilizado o transistor do tipo bipolar (BJT), de nome bc546, operando como chave eletrônica, ou seja, na zona de saturação (condução) e na zona de corte (não condução) com datasheet (pinagem) descrito na figura 6.

Figura 6 - Datasheet transistor BC546



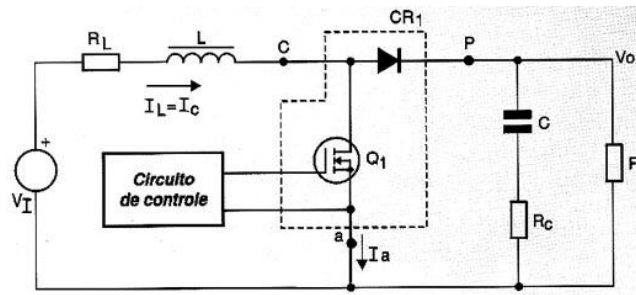
Fonte: El Component.

Em suma, o transistor recebe uma corrente, que passa de um terminal para o outro de acordo com a corrente de base ( $I_b$ ) determinada a partir de um resistor limitador, que no circuito foi utilizado 68 ohms  $\pm 5\%$ . Para os do tipo NPN, a corrente passa do coletor para o emissor e para os PNP a corrente passa do emissor para o coletor. É necessário um resistor na base para proteger o transistor, pois podem ser danificados facilmente por uma tensão/corrente muito alta. Os transistores são componentes essenciais em muitos circuitos e, às vezes, usados também para amplificar um sinal.

#### 4.7. CONVERSOR BOOST - STEP UP

Fontes chaveadas, conversores DC/DC e outros circuitos de alimentação utilizam tecnologias diferentes para alterar uma tensão de entrada e com isso obter um valor diferente de tensão de saída com o máximo de estabilidade e eficiência. O conversor boost (step up), é um conversor DC/DC elevador, ou seja, é capaz de elevar a tensão de saída em relação à tensão de entrada. Para isso, o circuito conversor utiliza alguns componentes como pelo menos um indutor, um capacitor, um diodo, um comutador (chave trocando de estado) e uma carga onde é verificado o aumento de tensão. A velocidade de comutação é responsável pela variação da elevação da tensão. Quando a tensão é aplicada num indutor as linhas de força se expandem armazenando energia. Quando a tensão deixa de ser aplicada, o campo se contrai com as linhas de força cortando as espiras do indutor e com isso induzindo uma tensão. Esta tensão será tanto maior quanto mais rápida for a contração do campo o que permite usar este componente para gerar tensões maiores do que a aplicada.

Figura 7 - Circuito boost/step up



Fonte: Newton Braga

Para o projeto em questão, o boost foi necessário para elevar uma tensão de entrada de 9V para até 30V, de modo que fosse possível oscilar essa tensão, e isso só seria possível, evitando o maior número de componentes possível, utilizando um módulo step up. O módulo é um conversor DC/DC, uma pequena placa que possui quatro pinos, dois de entrada e dois de saída, os componentes estão todos acoplados, e um trimpot é responsável por regular a tensão de saída, sendo esse a chave para solução desse obstáculo na eletrônica, que é elevar tensão sem depender de uma fonte de alimentação externa. A placa mede 36 milímetros x 17 milímetros x 10 milímetros, pode receber uma tensão de entrada de 2 à 24V, na saída, 2 à 28V, sendo sua corrente de saída de até 1 Ampere, dependendo da carga.

Figura 8 – Módulo boost step up

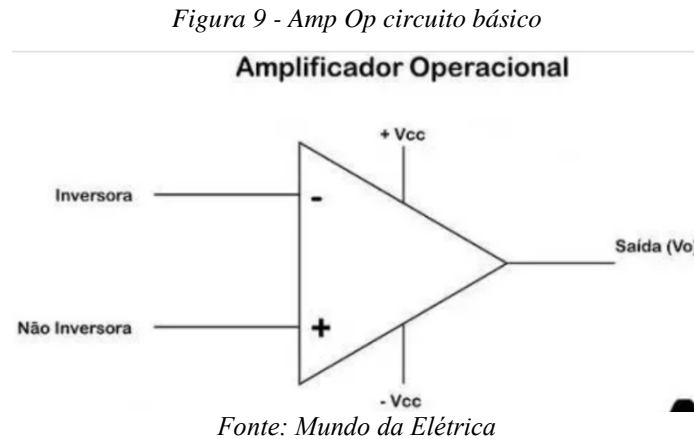


Fonte: Filipeflop

#### 4.8. CI LM324 – AMP OP

O amplificador operacional, também chamado por alguns de amp-op, nada mais é do que um circuito integrado (CI), capaz de amplificar um sinal de entrada e como próprio nome sugere, o amplificador operacional também é capaz de realizar operações matemáticas, como por exemplo, soma, subtração, derivação, integração e multiplicação. Sua estrutura é simples, possui dois terminais de entrada, denominados por terminal inversor, identificado pelo sinal negativo (-), o não inversor, identificado por um sinal positivo (+) e um terminal de saída, além de outros dois terminais que também são essenciais, de forma que um destes terminais é

a alimentação positiva (+Vcc) e o outro é a alimentação negativa (-Vcc), como é possível observar na figura 7.

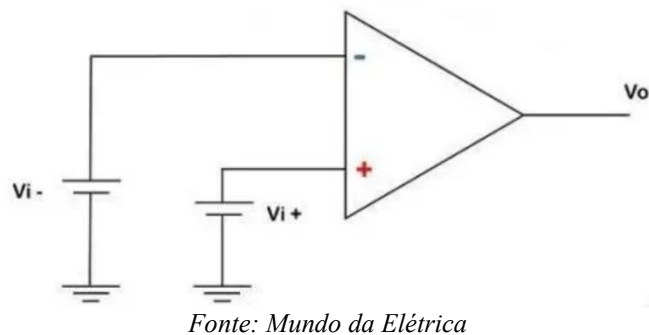


O amplificador possui três modos de operação, são eles:

- Sem Realimentação;
- Realimentação Positiva;
- Realimentação Negativa;

No modo sem realimentação, também conhecido como operação em malha aberta, por utilizar o ganho do amplificador que estipulado pelo fabricante, não é possível controlar o ganho do amplificador. Este tipo de operação é comumente usado em circuitos comparadores.

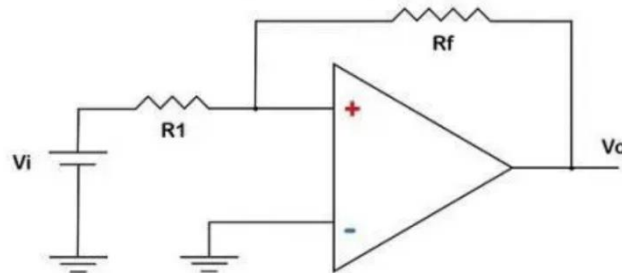
*Figura 10 - Amp Op sem realimentação*



No modo com realimentação positiva, um modo de operação em malha fechada, é quando a entrada positiva é ligada na saída do amplificador operacional, através de RF (figura 11). O ganho do amplificador operacional é obtido através de que está projetando e possui como desvantagem uma instabilidade ao circuito, por isso é muito aplicado em circuitos osciladores. É importante destacar que o amplificador operacional operando com

realimentação positiva não trabalha como amplificador de sinais, porque a sua resposta não é linear.

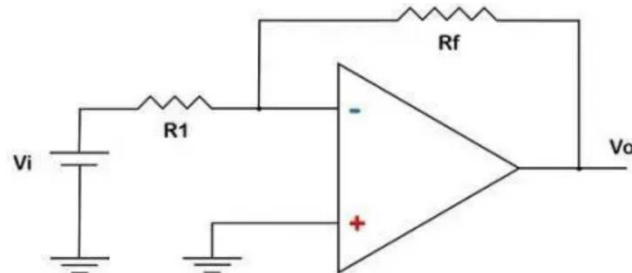
Figura 11 - Amp Op com realimentação positiva



Fonte: Mundo da Elétrica

A realimentação negativa é a mais importante e utilizada em circuitos que envolvam amplificadores operacionais. Assim como na realimentação positiva, possui a característica de malha fechada, ou seja, o ganho é determinado por  $R1$  e  $Rf$ , podendo ser definido pelo projetista. Deve-se destacar que é na realimentação negativa que acontece o curto circuito virtual, onde basicamente o sinal que é aplicado na entrada não inversora é o mesmo na entrada inversora.

Figura 12 - Amp Op com realimentação negativa



Fonte: Mundo da Elétrica

Os operacionais podem ser utilizados para diversos fins, dentre eles: Filtros, isoladores, amplificar com ou sem defasagem, amplificar e somar, somar, subtrair, etc. Para o corrente projeto, foi utilizado o amplificador da linha LM324, já que o mesmo dispõe de um alto limite de alimentação, aumentando assim sua margem de ganho, algo que é extremamente importante para o projeto.

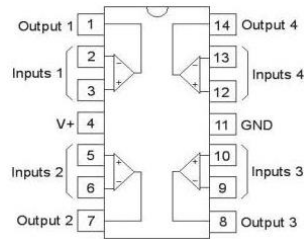


Figura 13 - LM324 Cápsula



Fonte: Texas Instruments

Figura 14 - LM324 Datasheet



Fonte: FlyRobo

#### 4.9. PUSHBUTTON

O “pushbutton” ou “botão de pressão” é um dos componentes eletrônicos mais utilizados em projetos. Consiste em uma chave que contém um botão que ao ser pressionado abre ou fecha os contatos do dispositivo, abrindo ou fechando o circuito onde ele está conectado. É comum que um pushbutton possua ação de contato momentânea, o que significa que a conexão é aberta ou fechada apenas momentaneamente, enquanto o botão estiver sendo pressionado.

Figura 15 – Pushbutton



Fonte: Squids

Para o projeto em questão, foi utilizado o pushbutton do tipo retentivo, para melhor desempenho do circuito, uma vez que, ao ser pressionado, esse mantém seu estado a menos que seja pressionado novamente.

Figura 16 - Pushbutton retentivo



Fonte: Squids

#### 4.10. ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA NERVOSA TRANSCUTÂNEA – TENS

O TENS é um método de fisioterapia que utiliza corrente elétrica aplicada à pele com finalidade analgésica, com baixa frequência (2 a 200Hertz). Seu desenvolvimento é baseado na teoria da comporta para explicar o controle e a modulação da dor. A percepção dolorosa é regulada por uma “comporta” que pode ser aberta ou fechada por meio de outros impulsos provenientes dos nervos periféricos ou do sistema nervoso central aumentando ou diminuindo a percepção dolorosa. Alguns mecanorreceptores de baixo limiar da pele e outras partes sobem sem fazer sinapse até as colunas posteriores da medula espinhal.

Acredita-se que os impulsos desses mecanorreceptores reduzem efetivamente a excitabilidade das células nociceptoras aos estímulos geradores de dor (inibição pré-sináptica). Assim, os impulsos elétricos que estimulam as fibras mecanorreceptoras são efetivos na redução da percepção de dor. Na dor aguda a frequência é usada entre 80 e 100 Hz. Na dor crônica, deve-se usar frequência 150 e 200Hz. Os eletrodos devem ser posicionados paralelamente à área dolorosa. Caso necessário, outro par de eletrodos pode ser fixado bilateralmente à coluna vertebral, ao nível das raízes nervosas que abrangem a área da dor. A intensidade da corrente deve ser ajustada de acordo com a tolerância do paciente.

Foi necessário conhecer o TENS e seu funcionamento para que se pudesse desenvolver o circuito responsável pela eletroestimulação.

*Figura 17 - TENS e eletrodos*



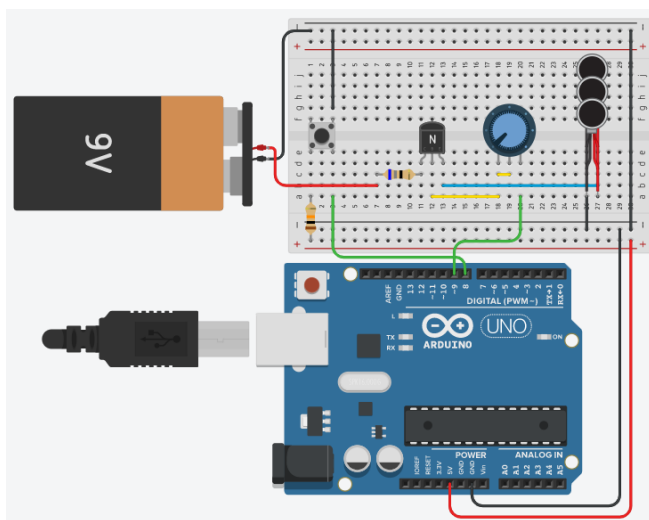
*Fonte: Mercado Livre*

## 5. METODOLOGIA

### 5.1. ESTIMULAÇÃO VIBRATÓRIA

Para realizar as vibrações seriam necessários motores vibratórios e um controlador para comandar o circuito, ambos em tamanhos pequenos. Além disso, pensando então na construção desse circuito, utilizamos resistores para manutenção e controle da corrente, no chaveamento (transistor) e na alimentação (pilhas). Com isso, foi montado o primeiro protótipo para testes e simulações, como mostrado na figura 18. Nesse circuito foi utilizado o transistor NPN para chavear uma tensão de nove volts apenas quando um botão fosse pressionado. A primeira ideia é de ajustar as configurações desejadas pelo usuário, com o botão pressionado, o paciente ajustaria um potenciômetro para regular a potência de vibração dos motores. O botão funciona como entrada e o potenciômetro recebe a saída do pino com um pulso de cinco volts para chaveamento do transistor.

*Figura 18 - Simulação circuito vibração*



*Fonte: Tinkercad - Autores*

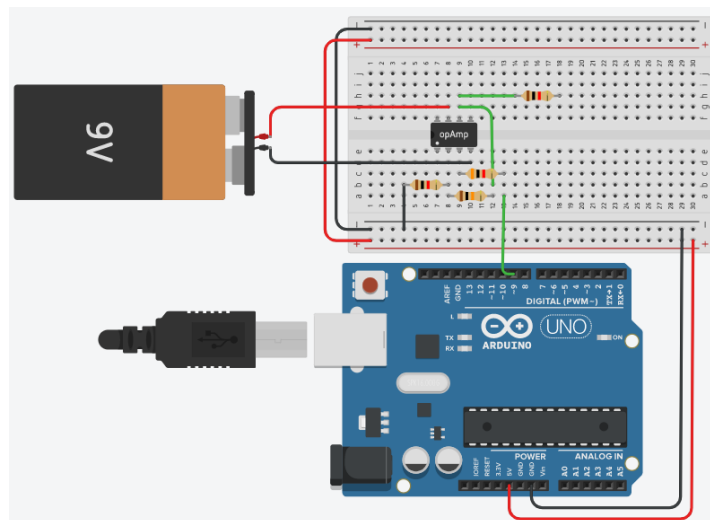
### 5.2. ELETROESTIMULAÇÃO

Em seguida, para viabilizar as leves descargas elétricas no pulso do paciente, foi necessário descobrir os valores de tensão e corrente recomendados para o caso, de modo que o paciente não corresse nenhum perigo. Observando o aparelho TENS de fisioterapia (figura 17) e com base em pesquisas acerca do assunto, chegou-se à conclusão de que para gerar uma descarga sentida pelo paciente em uma região localizada, seria necessário um pulso de tensão, com corrente de pelo menos 1 mili ampere e tensão variável de no mínimo 5 volts, até o valor

máximo de 30 volts para se obter o resultado esperado. Após a obtenção desses dados, pensou-se em como seria possível realizar tal circuito.

Foram encontradas dificuldades para obter uma larga faixa de tensão. Por isso, o circuito mais adequado para atingir esse intervalo é o conversor boost (figura 8) que, ao receber a tensão de alimentação, tem a capacidade de garantir a entrega correta de potência elevando os valores de amplitude de tensão numa faixa até 30 volts. O TIMER0, um dos timers periféricos presentes no microcontrolador, que foi configurado através da função “void timer0\_init()”, utiliza um prescale de oito bits para gerar um pulso de 0 à 5 volts, que é amplificado pelo operacional (figura 13) e depende da tensão de entrada como limite, sendo a tensão de entrada a tensão de saída do conversor elevador (figura 8). A saída do amplificador é ligada a uma carga e vai para os eletrodos que ficam na pulseira. O pulso gerado pelo microcontrolador também dispõe de um potenciômetro à disposição do usuário, cuja leitura é feita pelo conversor analógico/digital presente no ATMEGA, ou seja, o mesmo pode controlar a frequência gerada pela eletroestimulação (largura do pulso) e a amplitude (tensão).

*Figura 19 - Simulação circuito eletroestimulação*



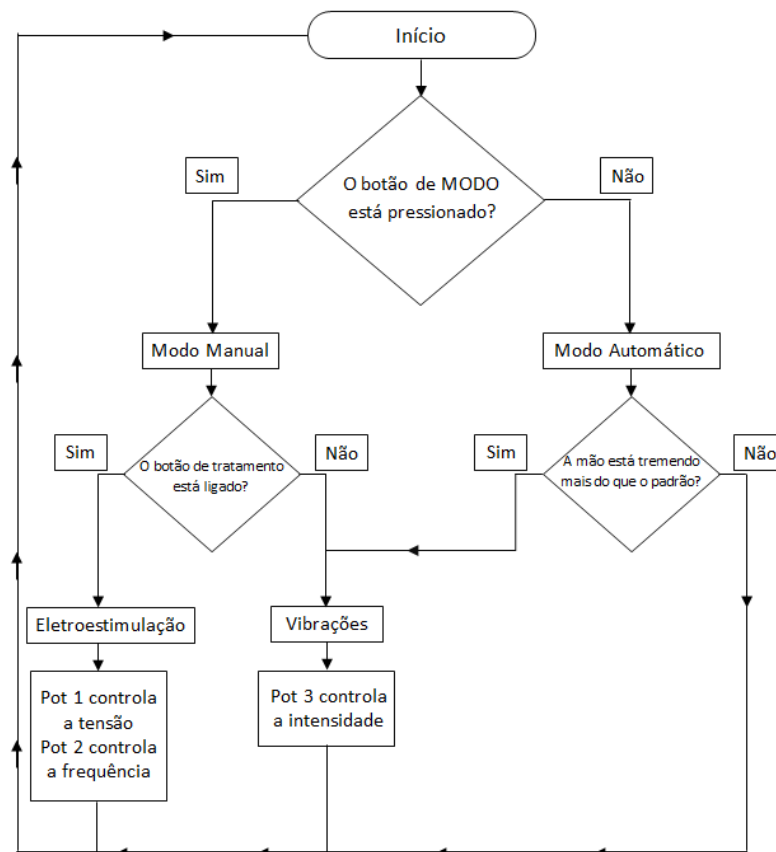
*Fonte: Tinkercad - Autores*

A figura acima mostra o circuito responsável pelo choque, sendo a bateria de 9 volts a saída do conversor e o resistor conectado à saída do amplificador o positivo do eletrodo, o retorno do circuito é o pino negativo (GND).

### 5.3. FUNCIONAMENTO

Alcançados os dois objetivos principais, pensou-se na dinâmica da pulseira e em como ela operaria. A pulseira foi projetada para possuir dois modos, o manual e o automático, os quais são escolhidos pelo paciente através de dois botões de configuração, o botão do meio é o modo de operação (figura 28), caso despressionado, modo automático, caso pressionado, modo manual. Já o botão direito é o de seleção de tipo de tratamento, que define qual tratamento será efetuado no modo manual, motor ou elétrico.

Figura 20 - Fluxograma de funcionamento



Fonte: Autores

#### 5.3.1. MODO MANUAL

No modo manual, o botão de modo está pressionado. Com isso, o paciente recebe a todo tempo os tremores, controlando a intensidade com um dos pinos rotativos acoplado na pulseira. O usuário pode apertar o botão de tratamento, alternando de estimulação por vibração para eletroestimulação, controlando com os outros dois pinos a intensidade e frequência. O modo manual é tido como o mais importante, pois fornece ao paciente um

contato mais direto consigo mesmo no tratamento, conhecendo-se e aplicando o tratamento necessário de acordo com seus limites.

Figura 21 - Código de controle da frequência

```

sketch_nov25a$
35
36 ISR(TIMERO_OVF_vect)
37 {
38     //CONTROLE DE FREQUÊNCIA
39     estouro++;
40     if (estouro == faixa){
41         PORTB ^= (1<<1);
42         estouro = 0;
43     }
44     if (estouro>390){
45         estouro = 0;
46     }
47
48 } //FIM ISR
49
50 void inicia_adc(void);
51 uint16_t ler_adc(uint8_t canal);
52
53 // função principal
54 int main (void)
55 {
56     Serial.begin(9600);
57     timer0_init();
58     inicia_adc();
59     DDRB = (1<<1);
60     DDRD = (0<<6);
61
62     while (1){
63         valor = ler_adc(0);
64         faixa = map(valor, 0, 1023, 370, 19);
65
66         Serial.println(valor);
67         Serial.println(faixa);
68         Serial.println(estouro);
69     } // -- fim loop infinito--
70 } //--- fim main---

```

Fonte: Autores

Figura 22 - Código de controle da porta dos motores

```

sketch_nov25a$
1 /* TCC - PIMPARK
2 * MCU: ATmega 328p F: 16Mhz Ciclo de
3 * Waleska Lucas
4 * PIMPARK
5 * Eletro 4V
6 */
7 |
8 int but = 6;
9 int butstate;
10
11 void setup() {
12     pinMode(but);
13 }
14
15 void loop(){
16     butstate = digitalRead(but);
17
18     if (butstate == LOW){
19
20         pot = 1;
21
22     } else {
23         pot = 0;
24     }
25 }
26

```

Fonte: Autores

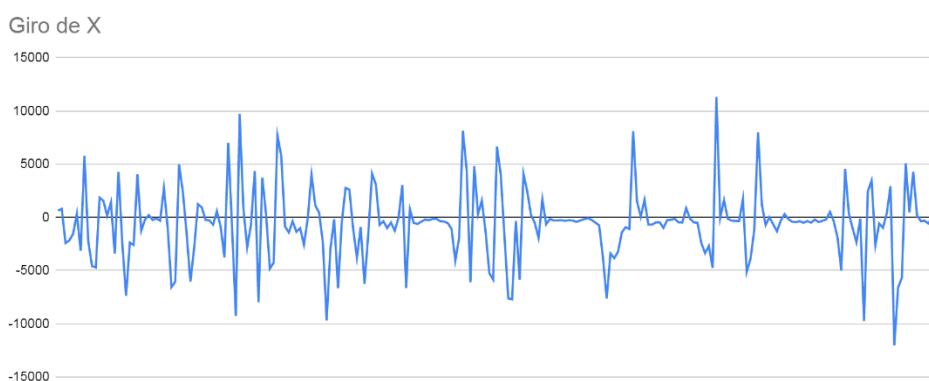
A variável “pot” na figura 22 corresponde à porta que, quando o botão de modo pressionado e o de tratamento despressionado, recebe cinco volts, ativando a base do transistor, responsável por energizar os motores. Já na figura 21, está representado o que acontece quando o botão de tratamento está pressionado, o tratamento alterna para estímulos elétricos e o potenciômetro (variável “valor”) controla a frequência fornecida pela porta. O potenciômetro que controla a tensão está localizado diretamente na placa do módulo boost.

### 5.3.2. MODO AUTOMÁTICO

O modo automático funciona quando o botão de modo está pressionado, ou seja, depende do paciente para entrar em operação. Nesse modo, o sistema terá um sistema de atuação automático, o sensor de giro e aceleração, MPU6050 (figura 5), que atua identificando faixas de movimento do pulso diferentes do padrão, movimentação normal do paciente, controlando através de nosso algoritmo a ativação dos motores vibratórios. O paciente, nesse modo, também consegue controlar a intensidade do tremor. Nesse modo, atuam apenas os motores, tendo em vista uma maior segurança para o paciente.

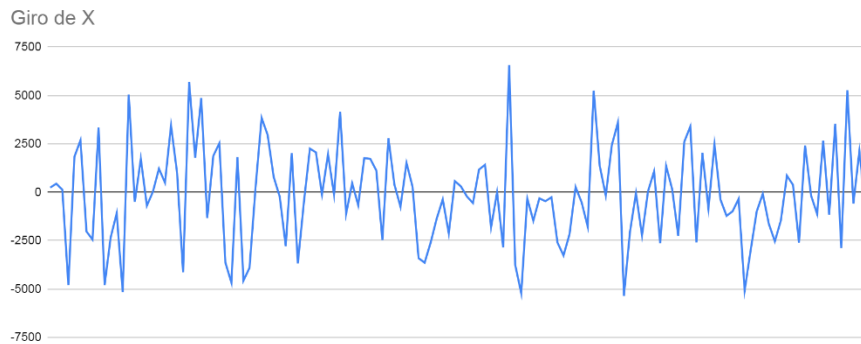
Para se obter valores prévios de atividades cotidianas como comer de garfo e faca, escrever, usar o computador, o sensor foi utilizado por uma pessoa normal realizando essas atividades, e depois por uma pessoa simulando o tremor causado pelo Mal de Parkinson. Com os resultados obtidos, foi possível criar uma faixa de valores, de modo que a fuga dos valores padrões e, ao extrapolar ou se assemelhar aos valores considerados não normais, é liberada a tensão na porta, ligando os motores. O controle da intensidade também é feito através de potenciômetro, direto pelo paciente.

*Figura 23 - Gráfico giro de X - pessoa normal comendo*



*Fonte: Autores - Excel*

*Figura 24 - Gráfico giro de X - pessoa com Parkinson comendo*



*Fonte: Autores - Excel*

Os gráficos acima, gerados com o auxílio da plataforma Excel, demonstram os valores do giro do eixo X para uma pessoa normal e uma com DP, as duas comendo de garfo e faca, supondo que o sensor está no braço direito. É nítido como há uma diminuição nos valores da figura 23 para a 24, sendo esses valores usados como margem para definir o que seria um possível tremor, ou até mesmo uma crise. Vale salientar que o MPU6050 (figura 5) fornece valores de aceleração e giro de três eixos, X, Y e Z, sendo necessário encontrar margens diferentes para os três eixos, já que cada um tem sua própria característica. A partir da combinação dos valores emitidos por cada eixo, é possível criar uma margem do que seria o “padrão” para o que seria considerado uma “crise”.



Figura 25 - Código exemplo de funcionamento automático

```

sketch_nov12ajj$
17
18 void setup() {
19   pinMode(BASE, OUTPUT);
20   Serial.begin(57600); //Iniciando puerto serial
21   Wire.begin(); //Iniciando I2C
22   sensor.initialize(); //Iniciando el sensor
23
24   if (sensor.testConnection()) Serial.println("Sensor iniciado correctamente");
25   else Serial.println("Error al iniciar el sensor");
26
27 }
28
29 void loop() {
30   // Leer las aceleraciones y velocidades angulares
31
32   sensor.getAcceleration(&ax, &ay, &az);
33   sensor.getRotation(&gx, &gy, &gz);
34   |
35   //Mostrar las lecturas separadas por un [tab]
36   Serial.print("a[x y z] g[x y z]:\t");
37   Serial.print(ax); Serial.print("\t");
38   Serial.print(ay); Serial.print("\t");
39   Serial.print(az); Serial.print("\t");
40   Serial.print(gx); Serial.print("\t");
41   Serial.print(gy); Serial.print("\t");
42   Serial.println(gz);
43
44   if ((az>17000) || (az<14000)){
45     digitalWrite(BASE, HIGH);
46   } else {
47     digitalWrite(BASE, LOW);
48   }
49   delay(400);
50 }
51

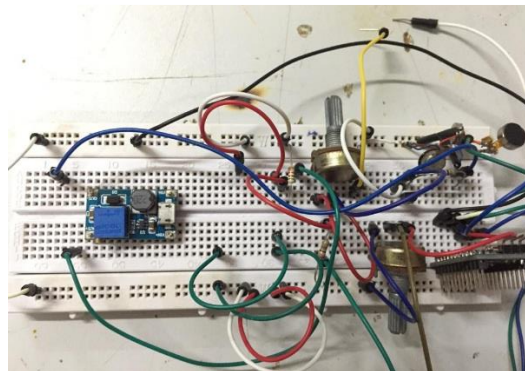
```

Fonte: Autores

## 5.4. MONTAGEM

Com tudo já esquematizado, foi montado em placa de ensaio (protoboard) o circuito em questão, com os dois tipos de tratamento. O Arduino Pro Mini foi utilizado como microcontrolador do circuito, tendo em vista suas dimensões para a funcionalidade do projeto.

Figura 26 - Montagem em protoboard

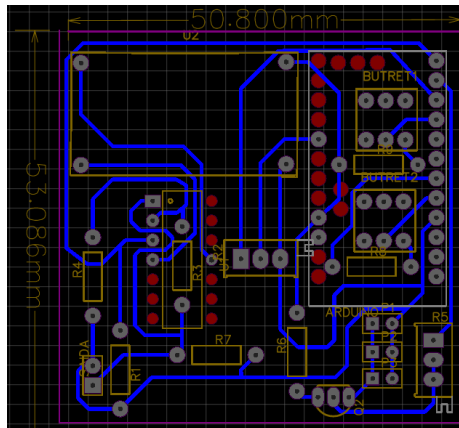


Fonte: Autores

### 5.5. CONFECÇÃO DA PLACA

Após a montagem, realizou-se a confecção da placa de circuito impresso. O layout do circuito foi produzido pelo programa online EASY-EDA, pelos autores. O processo utilizado foi o a técnica de transferência térmica, efetuado no campus IFRN Natal Zona Norte, no laboratório de química, também pelos autores deste projeto. Devido ao tamanho da placa ser pequeno e haver diversos componentes, alguns deles foram projetados para serem soldados do outro lado da placa, onde estão as trilhas, diferentemente do padrão, onde os componentes ficam no substrato. Dessa forma, no layout, há componentes que estão sobrepostos.

*Figura 27 - Layout para PCI*

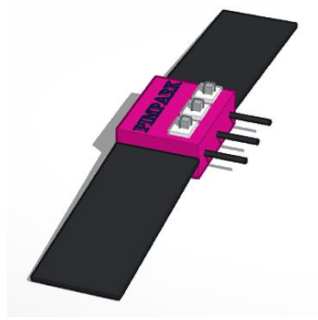


*Fonte: Autores- EasyEda*

### 5.6. PROTÓTIPO

O protótipo final consiste em uma caixinha de cor lilás, nas laterais, tiras de velcro para envolver o pulso, abaixo dos velcros, os eletrodos para liberar o estímulo elétrico e os motores também estariam dispostos nos velcros. O protótipo foi feito utilizando uma impressora 3D, de modo que a caixa mede pelo menos 51 milímetros de comprimento, 54 milímetros de largura e 20 milímetros de altura para receber a placa sem nenhuma interferência. A caixinha foi furada para que do lado de fora estivessem os pinos rotativos que, conectados aos potenciômetros, permitem com que o usuário faça ajustes de intensidade nos tratamentos. Na parte de cima também foi furado para que os três botões pudessem ficar expostos para uso do paciente. Foi feito um desenho 3D do protótipo para que posteriormente esse fosse produzido.

*Figura 28 - Modelo de protótipo*



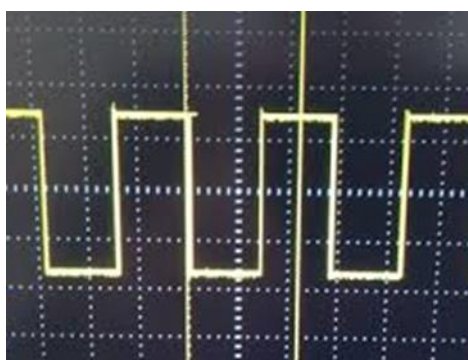
*Fonte: Autores*

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Antes de tudo, é importante ressaltar que os objetivos foram alcançados com sucesso. A confecção da placa ocorreu de maneira esperada, logo após isso, foi testada a continuidade das trilhas com o multímetro e soldados os componentes para realização de testes. Foram utilizados três pares de conectores para os motores, um par para cada motor, e um par separado para o eletrodo. Posteriormente, o par de conectores do eletrodo foi retirado e colocado um conector de fone de ouvido, para conexão do fio dos eletrodos que ficam acoplados no pulso do paciente. Após a solda e teste, a placa foi inserida na caixinha protótipo. A bateria e o sensor de giro não estão acoplados à placa, apenas conectados à ela. Posteriormente, para testes, a bateria foi posicionada externa à pulseira.

Para o modo manual foi obtido o valor de em média três volts de queda de tensão para cada Vibra Call, uma vez que não há carga no emissor e os três possuem resistência interna de mesmo valor. O potenciômetro na base do transistor, de dez mil ohms, é responsável pelo controle do chaveamento. Para a eletroestimulação, foi obtida uma onda quadrada pulsante de cinco volts na saída do microcontrolador, sendo essa, amplificada pelo CI LM324 (figura 13), com base na tensão de alimentação do boost, sendo assim essa onda quadrada variável em tensão e frequência. É necessária uma carga para a onda antes de aplicá-la aos eletrodos, caso contrário, a onda perde o formato e ganha ruídos.

*Figura 29 - Forma de onda da eletroestimulação*

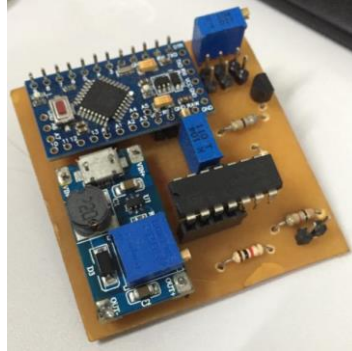


*Fonte: Autores*

Outro fator observado a respeito da eletroestimulação foi o fato de que apenas ondas quadradas e rampas (triangulares) geram o efeito sensitivo na pele, a onda senoidal, independente de valores de amplitude, não gera o efeito desejado. Além disso, foi constatado que não importa se a forma de onda possui valores apenas positivos ou negativos, o

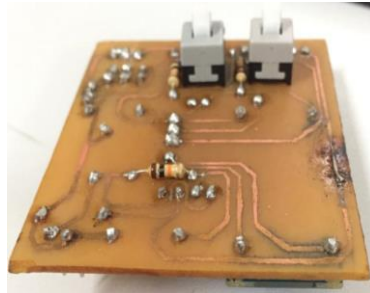
importante é a diferença de potencial entre os picos. Os valores de frequência variam de 10 à 200 Hertz e os de tensão de 5 à 30 volts, ambos valores controlados pelo paciente.

*Figura 30 - Placa de circuito impresso – cima*



*Fonte: Autores*

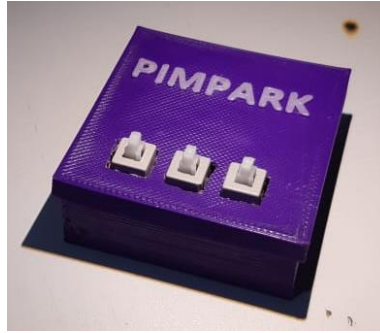
*Figura 31 - Placa de circuito impresso – baixo*



*Fonte: Autores*

No modo automático, os valores de giro e aceleração do pulso associados como “padrão” e os associados como “parkinsoniano”, foram definidos previamente com testes nos próprios autores do projeto, simulando o que seria um “tremor” causado pelo Parkinson. Posteriormente, para testar isso com o protótipo pronto, esse modo também foi testado nos mesmos, uma vez que não dispúnhamos de uma pessoa com a doença para realizar experimentos precisos. Apesar disso, os resultados esperados foram obtidos. Utilizando um valor simples de referência, como do eixo X por exemplo e, simulando um tremor no pulso para que esse valor também oscile, são ativados os motores vibratórios, como esperado.

*Figura 32 - Protótipo desenvolvido pela impressora 3D*



*Fonte: Autores*

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Futuramente, é necessário fazer melhorias, ampliando a variedade de pulsos elétricos e melhorando a precisão do sensor de aceleração, implementando se possível, um modo de calibração, uma vez que o sensor não emite valores iguais de aceleração e giro para todas as pessoas, tendo em vista altura, movimentos e etc. É preciso ainda, melhorar a estética do protótipo e da placa, aperfeiçoar a montagem, tentando sempre diminuir o número de componentes e dimensões do circuito, simplificando e barateando cada vez mais o projeto, sempre com eficiência, buscando o menor custo e maior benefício.

Apesar disso, as pesquisas foram de extrema importância, uma vez que, além de ganhar conhecimento à respeito da área, tanto tecnológica como da saúde, houve uma inserção no mundo daqueles que possuem a doença de Parkinson, onde foi possível se aprofundar no modo de vida dessas pessoas, assim como ajudá-las em diversos aspectos e fazerem ir onde talvez já não se sentissem mais capazes de chegar.

Por fim, vale ressaltar a importância do projeto no mundo da eletrônica e da saúde, uma vez que o mesmo é uma ferramenta tecnológica, inovadora e de extrema relevância no âmbito da saúde, já que, pode vir a garantir o bem estar e melhoria na qualidade de vida de pacientes que sofrem da doença de Parkinson.

## 8. REFERÊNCIAS

1. PARKINSON, Doença de – Obras populares 2. Saúde I. LOPES, Jaqueline. – Bauru, SP: Alto Astral, 2019. 64 p. (Saúde essencial).

FISIOTERAPIA, Central da. FISIOTERAPIA - TRATAMENTO MAL DE PARKINSON. Disponível em: <<https://www.centraldafisioterapia.com.br/dicas-de-saude/autor-da-nova-novela-das-9-em->>. Acesso em: 19 Out. 2019.

FISIOTERAPIA, Central da. AUTOR DA NOVA NOVELA DAS 9, EM FAMÍLIA, MANOEL CARLOS VAI ABORDAR O MAL DE PARKINSON. Disponível em: <[familia-manoel-carlos-vai-abordar-o-mal-de-parkinson](#)>. Acesso em: 19 Out. 2019.

SCIELO. Qualidade de vida de indivíduos com Parkinson e sua relação com tempo de evolução e gravidade da doença. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-11692012000200023&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-11692012000200023&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 19 Out. 2019.

R7.COM. Mais de 200 mil pessoas apresentam mal de Parkinson no Brasil. Disponível em: <<https://noticias.r7.com/saude/mais-de-200-mil-pessoas-apresentam-mal-de-parkinson-no-brasil-11042018>>. Acesso em: 19 Out. 2019.

LIBANES, Hospital Sírio. Apesar de incomum, doença de Parkinson pode afetar jovens. Disponível em: <<https://www.hospitalsiriolibanes.org.br/sua-saude/Paginas/apesar-incomum-doenca-parkinson-jovens.aspx>>. Acesso em: 19 Out. 2019.

CONVERSORES BOOST. Disponível em: <<https://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/1670-conversores-boost-art247>>. Acesso em 19 Out. 2019.



MUNDO DA ELÉTRICA. O que são amplificadores operacionais? Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/o-que-sao-amplificadores-operacionais/>>. Acesso em 20 Out. 2019.

HOSPITAL ALBERT EINSTEIN. Parkinson. Disponível em: <<https://www.einstein.br/doencas-sintomas/parkinson>>. Acesso em 20 Nov. 2019.

AURÉLIO, Marcos. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/transistor.htm>>. Acesso em 20 Nov. 2019.

CENTRAL DA FISIOTERAPIA. Disponível em: <<http://www.centraldafisioterapia.com.br/dicas-de-saude/a-fisioterapia-no-mal-de-parkinson>>. Acesso em 20 Nov. 2019.

FORTÍSSIMA. Disponível em: <<https://fortissima.com.br/2014/01/14/fisioterapia-para-o-mal-de-parkinson-41472/>>. Acesso em 20 Nov. 2019.

INFOESCOLA. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/doencas/mal-de-parkinson/amp/>>. Acesso em 20 Nov. 2019.

NAYLAMP MECHATRONICS. Disponível em: <[https://naylampmechatronics.com/blog/45\\_Tutorial-MPU6050-Aceler%C3%B3metro-](https://naylampmechatronics.com/blog/45_Tutorial-MPU6050-Aceler%C3%B3metro-)>. Acesso em 20 Nov. 2019.

SPOTMAIS. Disponível em: <<http://spotmais.iol.pt/mundo/emma/esta-pulseira-da-microsoft-promete-ajudar-milhoes-de-pacientes-comparkinson>>. Acesso em 20 Nov. 2019.

TECMUNDO. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/microsoft/116618-veja-project-emma-wearable-microsoft-ajuda-pessoas-parkinson.htm>>. Acesso em 20 Nov. 2019.

TUA SAUDE. Disponível em: <<https://www.tuasaude.com/fisioterapia-para-mal-de-parkinson/>>. Acesso em 20 Nov. 2019.