

## Protótipo Iot para monitoramento de sintomas da doença de Parkinson

**Yaskara M. Mota<sup>1</sup>, Carlos Silvano de Oliveira Junior<sup>1</sup>, Normando de Almeida Rodrigues<sup>1</sup>,  
Patrik Marques da Silva<sup>1</sup>, Paulo Guilherme Xavier da Silva<sup>1</sup>, Alexandre Guimarães<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Escola de Ciência e Tecnologia (ECT), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59078-970 | Natal/RN - Brasil.  
(yaskara.mota.094@ufrn.edu.br)*

**Resumo:** Este trabalho apresenta um sistema de monitoramento remoto para tremores de Parkinson. Utilizando uma luva com microcontrolador ESP32 e sensores inerciais (GY-85), o dispositivo captura dados de aceleração e rotação da mão. O firmware processa sinais via filtros digitais e transmite as informações via Wi-Fi. No backend, a Transformada Rápida de Fourier (FFT) identifica a frequência característica (4-6 Hz), distinguindo-a de movimentos voluntários. O sistema é uma solução viável e de baixo custo.

**Palavras-chave:** Doença de Parkinson; Internet das Coisas (IoT); Sensores.

### INTRODUÇÃO

A doença de Parkinson é uma condição neurodegenerativa crônica e progressiva, que afeta principalmente o controle motor do corpo humano. De acordo com Organização Mundial da Saúde (OMS), os principais sintomas físicos são o movimento lento, tremor, movimento involuntário, rigidez, dificuldade para caminhar e desequilíbrio e os sintomas não físicos são: comprometimento cognitivo, transtornos de saúde mental, demência, distúrbios do sono, dor, distúrbios sensoriais. (OMS, 2023)

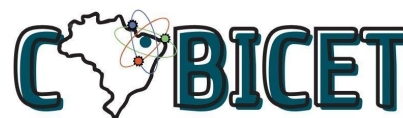
Essa doença atinge cerca de 1% da população mundial com idade igual ou superior a 65 anos. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022), em 2019 havia aproximadamente 8,5 milhões de pessoas diagnosticadas com a enfermidade no mundo, sendo que, no Brasil, estima-se que cerca de 200 mil indivíduos vivem com a patologia. Desse modo, a progressão dos sintomas reduz significativamente a qualidade de vida dos pacientes e resulta em altas taxas de incapacidade, elevando a demanda por cuidados contínuos. Paralelamente, a desigualdade global na disponibilidade de recursos para o tratamento, sobretudo em países emergentes ou subdesenvolvidos, preocupa as autoridades de saúde, uma vez que a população mundial caminha para a inversão da pirâmide etária (Rocha, 2022). Diante

desse cenário, torna-se fundamental o desenvolvimento de tecnologias de baixo custo que sejam capazes de auxiliar no acompanhamento clínico e na análise da evolução dos sintomas apresentados pelos pacientes.

De acordo com os especialistas do National Institute of Neurological Disorders and Stroke (NINDS), dos sintomas motores mais marcantes e debilitantes está o tremor de repouso, que costuma ocorrer nas mãos e dedos comprometendo a qualidade de vida, a autonomia e a execução de atividades diárias dos pacientes. (NINDS, 2026) Nesse contexto, a medição dos tremores se torna importante, pois permite quantificar características físicas do movimento, como frequência, amplitude e intensidade das oscilações, o que não acontece nas avaliações apenas visuais realizadas durante consultas médicas.

Assim a doença é caracterizada por sua natureza neurodegenerativa e progressiva, demanda métodos de acompanhamento que superem as limitações da avaliação clínica tradicional, frequentemente pontual e subjetiva.

Medir o tremor ajuda a identificar se a dosagem da medicação está correta ou se o paciente está apresentando efeitos colaterais, como discinesias (movimentos involuntários causados pelo excesso de medicação a longo prazo), bem como quantificar a magnitude e a frequência do tremor ao longo do



tempo permite que o médico avalie a eficácia dos tratamentos e a progressão da doença de forma objetiva e na diferenciação Parkinson de outras condições, como o Tremor Essencial. Enquanto o tremor do Parkinson ocorre no repouso, o Tremor Essencial costuma aparecer durante o movimento ou manutenção de uma postura.

O desenvolvimento de tecnologias assistivas para a Doença de Parkinson tem sido impulsionado pela integração de dispositivos *wearables* com processamento de sinais em tempo real.

A aquisição eletrônica de sinais fornece dados objetivos e contínuos, possibilitando um monitoramento mais preciso da evolução da doença e da resposta do paciente aos tratamentos medicamentosos. Além disso, sistemas automatizados podem auxiliar profissionais da saúde na tomada de decisões clínicas, contribuindo para diagnósticos mais confiáveis e acompanhamento à distância dos pacientes. A frequência comum desses tremores é de 4 a 6 Hz. (Gironell A. et.al, 2018)

Para realizar essa medição, podem ser utilizados sensores capazes de detectar movimentos e vibrações, possuindo um acelerômetro que mede acelerações lineares em diferentes eixos e um giroscópio que mede velocidades angulares, permitindo identificar padrões característicos dos tremores da doença. Os sinais captados pelos sensores normalmente apresentam ruídos e pequenas variações indesejadas, tornando necessário processos como filtragem, amplificação e conversão analógico-digital, garantindo que os dados obtidos sejam mais estáveis e após o condicionamento, os sinais podem ser processados por um microcontrolador responsável pela aquisição e tratamento das informações. (Nozella,2023)

Entre microcontroladores disponíveis, o ESP32 possui baixo custo, consumo reduzido de energia e elevada capacidade de processamento, além de integrar conectividade Wi-Fi e Bluetooth no próprio chip. Essas características permitem não apenas a leitura em tempo real dos sensores, mas também a transmissão dos dados para computadores, smartphones ou servidores na internet sem a necessidade de módulos adicionais de comunicação (Christófal,2025). Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo desenvolver e validar um protótipo de sistema eletrônico de baixo custo, utilizando o microcontrolador ESP32 e sensores, focado na aquisição, condicionamento e transmissão web de dados para o monitoramento remoto de tremores associados à Doença de Parkinson.

O objetivo geral deste projeto é desenvolver um protótipo de sistema eletrônico para monitoramento de tremores associados à doença de Parkinson, aplicando conceitos fundamentais de circuitos, instrumentação e IoT. A execução envolve a seleção e o projeto de circuitos com o sensor GY-85, a implementação da conversão analógico-digital via microcontrolador ESP32 e o desenvolvimento de algoritmos para processamento de sinais fisiológicos. O trabalho visa modelar esses dados como sinais digitais, utilizando a transformada rápida de Fourier (FFT) para a detecção das frequências de tremor e a criação de um dashboard web para a visualização em tempo real da coleta.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para a construção do hardware do sistema de monitoramento de tremores devido a sintomas da doença de parkinson foi utilizado os seguintes materiais:

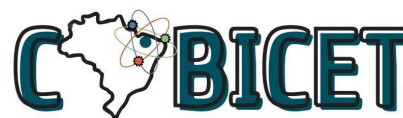
- Microcontrolador ESP 32-WROOM;
- Protoboard;
- Módulo Sensor GY-85;
- Jumpers;
- Luva;
- Fonte de Alimentação (Carregador portátil de 20000 mA/h).

A metodologia deste projeto divide-se em três etapas principais: o levantamento e integração da arquitetura de hardware (dispositivo vestível), o desenvolvimento do firmware para aquisição e condicionamento dos sinais cinemáticos, e a estruturação da plataforma de comunicação e visualização em ambiente web.

### Arquitetura do Hardware e Instrumentação

Para a captura dos movimentos e tremores característicos, será desenvolvida uma luva instrumentalizada. O sistema será composto pelos seguintes elementos:

- **Módulo Sensor GY-85:** Placa multi-sensorial integrada que combina três circuitos integrados dedicados: o acelerômetro de 3 eixos ADXL345, o giroscópio de 3 eixos ITG3205 e o magnetômetro de 3 eixos HMC5883L. Este módulo será posicionado estrategicamente no dorso da luva para garantir a máxima fidelidade na amostragem das forças inerciais e velocidades angulares da mão.
- **Microcontrolador ESP 32-WROOM:** Responsável pelo processamento local, filtragem preliminar e transmissão de dados. A escolha deste modelo justifica-se pelas suas dimensões extremamente reduzidas (fator de forma ideal



para sistemas vestíveis) e pelo suporte nativo a redes Wi-Fi.

- **Matriz de Contactos (Protoboard):** Utilizada para a interconexão segura, distribuição de alimentação elétrica e centralização dos barramentos de sinal entre os módulos.

A comunicação física entre o módulo GY-85 e o ESP32-WROOM será estabelecida através do protocolo serial síncrono I<sup>2</sup>C, utilizando uma linha de sinal de dados e uma linha de sinal de relógio. Como todos os circuitos integrados do GY-85 partilham o mesmo barramento, o microcontrolador consegue aceder a cada sensor individualmente através dos seus respectivos endereços de hardware na rede I<sup>2</sup>C. A alimentação do módulo (VCC) será fornecida pelo pino de 5 V, partilhando a mesma referência de terra (GND).

#### Desenvolvimento do Firmware e Aquisição de Sinais

O firmware do microcontrolador será codificado em ambiente C/C++. O algoritmo implementado seguirá um fluxo de execução cíclico e estruturado conforme descrito abaixo:

- Microcontrolador ESP 32-WROOM;
- Protoboard;
- Módulo Sensor GY-85;
- Jumpers;
- Luva;
- Fonte de Alimentação (Carregador portátil de 20000 mA/h).

A metodologia deste projeto divide-se em três etapas principais: o levantamento e integração da arquitetura de hardware (dispositivo vestível), o desenvolvimento do firmware para aquisição e condicionamento dos sinais cinemáticos, e a estruturação da plataforma de comunicação e visualização em ambiente web.

#### Arquitetura do Hardware e Instrumentação

Para a captura dos movimentos e tremores característicos, será desenvolvida uma luva instrumentalizada. O sistema será composto pelos seguintes elementos:

- **Módulo Sensor GY-85:** Placa multi-sensorial integrada que combina três circuitos integrados dedicados: o acelerômetro de 3 eixos ADXL345, o giroscópio de 3 eixos ITG3205 e o magnetômetro de 3 eixos HMC5883L. Este módulo será posicionado estrategicamente no dorso da luva para garantir a máxima fidelidade na amostragem das forças inerciais e velocidades angulares da mão.
- **Microcontrolador ESP 32-WROOM:** Responsável pelo processamento local, filtragem preliminar e transmissão de dados. A escolha deste modelo justifica-se pelas suas dimensões extremamente reduzidas (fator de forma ideal

para sistemas vestíveis) e pelo suporte nativo a redes Wi-Fi.

- **Matriz de Contactos (Protoboard):** Utilizada para a interconexão segura, distribuição de alimentação elétrica e centralização dos barramentos de sinal entre os módulos.

A comunicação física entre o módulo GY-85 e o ESP32-WROOM será estabelecida através do protocolo serial síncrono I<sup>2</sup>C, utilizando uma linha de sinal de dados e uma linha de sinal de relógio. Como todos os circuitos integrados do GY-85 partilham o mesmo barramento, o microcontrolador consegue aceder a cada sensor individualmente através dos seus respectivos endereços de hardware na rede I<sup>2</sup>C. A alimentação do módulo (VCC) será fornecida pelo pino de 5 V, partilhando a mesma referência de terra (GND).

#### Desenvolvimento do Firmware e Aquisição de Sinais

O firmware do microcontrolador será codificado em ambiente C/C++. O algoritmo implementado seguirá um fluxo de execução cíclico e estruturado conforme descrito abaixo:

- **Inicialização:** Configuração dos registos internos dos chips presentes no GY-85 (ajuste de sensibilidade e taxas de amostragem do acelerômetro ADXL345 e do giroscópio ITG3205) e estabelecimento da ligação à rede Wi-Fi local.
- **Amostragem:** Leitura contínua das componentes vetoriais de aceleração (ax, ay, az) e velocidade angular ( $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$ ).
- **Condicionamento de Sinal:** Aplicação de filtros digitais low-pass locais ou janelas de média móvel para mitigação de ruídos de alta frequência originados por interferências mecânicas e eletrônicas.
- **Serialização:** Encapsulamento das variáveis lidas num formato de dados leve e padronizado.

#### Transmissão de Dados e Interface Servidor Web

A transmissão dos pacotes de dados estruturados será realizada através de redes sem fios utilizando o protocolo de transporte TCP/IP, através de requisições HTTP POST ou via ligações persistentes bidirecionais por WebSockets.

Os dados serão enviados para um servidor web (local ou em nuvem). No backend desta aplicação, as séries temporais enviadas pela luva serão processadas e apresentadas visualmente num painel de controlo (dashboard) em tempo real. Para isso, será utilizada a Transformada Rápida de Fourier (FFT), através da biblioteca “arduinoFFT”, que transforma o domínio do tempo para o domínio da frequência, sendo o núcleo da lógica de detecção das características específicas dos tremores. Esta interface web

permitirá monitorizar graficamente a amplitude e a frequência dos movimentos capturados.

Considerando que os tremores em repouso associados à Doença de Parkinson exibem tipicamente uma assinatura de frequência bem definida entre 4 Hz e 6 Hz, a análise espectral destas séries temporais no servidor web servirá como uma ferramenta preliminar e experimental de diferenciação face a tremores fisiológicos comuns ou outras variantes motoras.

### Esquema Elétrico e Conexões

As conexões de bancada para validação do protótipo obedecem ao mapeamento eletrônico detalhado na Tabela 1.

| Pino Módulo GY-85 | Pino ESP32S-C3      | Função / Descrição                              |
|-------------------|---------------------|-------------------------------------------------|
| VCC               | 3V3 (ou 5V)         | Alimentação Positiva                            |
| GND               | GND                 | Referência Comum / Terra                        |
| SCL               | GPIO 9 (Padrão SCL) | Linha de Relógio do Barramento I <sup>2</sup> C |
| SDA               | GPIO 8 (Padrão SDA) | Linha de Dados do Barramento I <sup>2</sup> C   |

Tabela 01 - Mapeamento eletrônico detalhado.

Fonte: Autoria Própria

### Diagrama Geral de Blocos do Sistema

Para melhor compreensão do fluxo de informações e da arquitetura do projeto integrado, a Figura 1 ilustra o diagrama de blocos funcional do sistema, mapeando a sequência desde a captura inercial na luva até a exibição final na plataforma web.

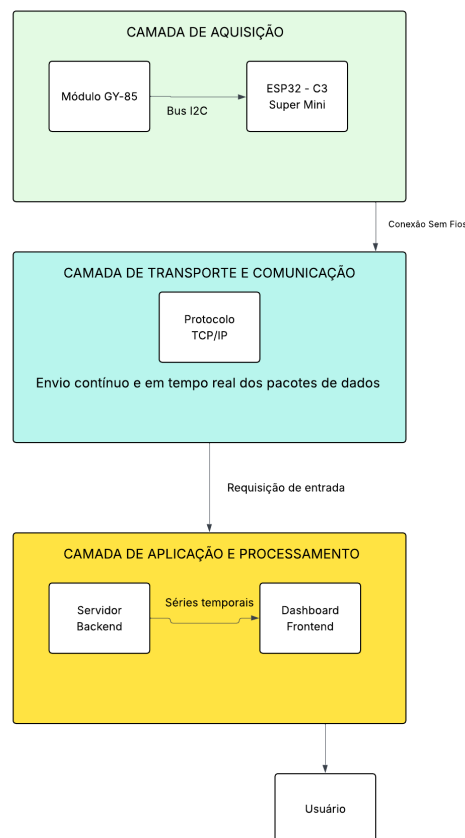


Figura 1 - Diagrama Geral de Blocos do Sistema (Fonte: Autoria Própria).

### Código implementado no sistema

O código do sistema, projetado em ambiente Arduino, que por padrão é baseado em linguagem C++, é exibido no Apêndice A.

No código pode ser observado as seções específicas da realização de cada etapa do sistema, isto é, aquisição, análise e transmissão dos dados para o dashboard. Para isso, foi utilizada diversas bibliotecas, tais como a “arduinoFFT”, como já mencionada, e a “Wifi.h”, onde o dispositivo cria seu próprio ponto de acesso Wi-fi.

Vale ressaltar que, a implementação do código foi realizada em concessão com as dificuldades encontradas durante o desenvolvimento do projeto. O exemplo mais claro disso é a aplicação do FFT na análise da frequência para que o sistema distinguísse

os movimentos voluntários dos tremores. Com isso, a análise da frequência (FFT) foi implementada para focar apenas nas faixas onde ocorrem os tremores característicos (4 Hz a 6 Hz).

Dessa forma, para transformar os dados brutos em informações clinicamente úteis, o código realiza o pré-processamento necessário removendo a componente contínua (DC) do sinal, o que elimina o efeito da gravidade e centraliza a oscilação. Em seguida, aplica a Transformada Rápida de Fourier (FFT) utilizando a biblioteca `arduinoFFT`, incluindo uma janela de Hamming para reduzir ruídos. Esse processo converte os dados do domínio do tempo para o da frequência, permitindo identificar o pico de magnitude dentro do espectro esperado para tremores de repouso (4 Hz a 6 Hz).

Por fim, o sistema realiza uma triagem automática comparando a frequência dominante e a magnitude detectada com padrões pré-estabelecidos. Caso os valores indiquem uma assinatura compatível com a doença, um status de alerta é definido. O resultado consolidado — contendo a frequência, magnitude e a classificação — é enviado via requisições HTTP POST para um servidor externo, possibilitando o monitoramento remoto, o registro histórico dos sintomas e a visualização em dashboards de saúde.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes práticos no dispositivo validaram com sucesso a sua funcionalidade e precisão. A partir de toda estrutura do dispositivo, a visualização gráfica, que correlaciona a frequência dominante com as leituras, no dashboard pode ser observada na Figura 2 adiante. A coloração do gráfico indica se há sinais dos tremores característicos, a coloração verde claro indica que não há tremores característicos da doença, como observado na Figura 2. Já na Figura 3 exibida adiante, a coloração avermelhada, indica que há compatibilidade entre os tremores e a frequência característica da doença. Além disso, também há uma seção de “status de triagem” que indica quando há compatibilidade. Outras informações importantes exibidas no dashboard são a frequência dominante e a magnitude dos dados coletados.

A figura 2 demonstra o circuito montado usado na aquisição dos sinais

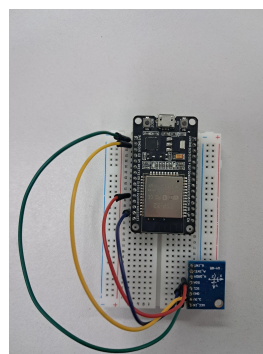


Figura 2 - Sistema Montado  
Fonte: Autoria Própria

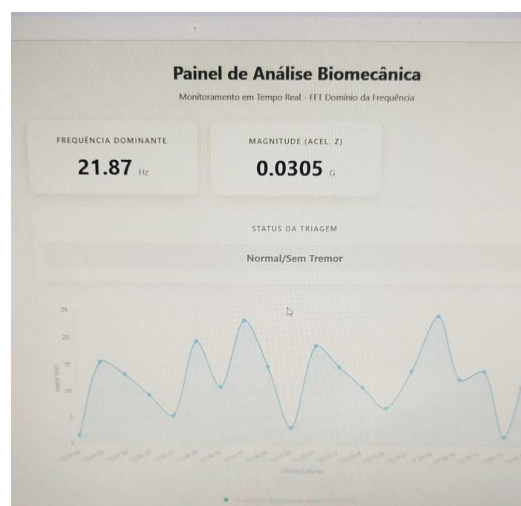


Figura 3 - Dashboard para uma pessoa sem a doença ou com um tremor não característico (Fonte: Autoria Própria).

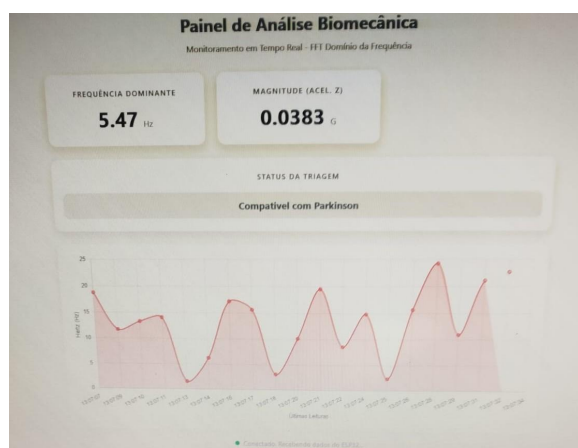


Figura 4 - Dashboard para uma pessoa com um tremor característico da doença  
Fonte: Autoria Própria.

Uma característica essencial do sistema é a diferenciação entre os movimentos voluntários dos tremores. Durante a execução de gestos ou movimentos propositalmente, o status de triagem permanece normal, o que indica a eficiência da análise da frequência (FFT). Somente quando há tremores na faixa característica da doença, é que o dispositivo alerta no dashboard, reforçando a sua análise precisa. Outro ponto importante é a resposta imediata do sistema e proporcional para cada movimento. Tremores suaves, resultaram em uma resposta leve no sistema, já tremores mais fortes provocaram uma resposta mais intensa no sistema, o que pode ser evidenciado no próprio gráfico da frequência dos tremores. Isso demonstra como o sistema é preparado para o feedback imediato do usuário, validando sua eficácia de análise precisa.

O sistema se mostrou estável, cumprindo todos os requisitos de análise. Toda a montagem do hardware e conexões, isto é, a arquitetura implementada no levantamento e integração, estruturação da plataforma de comunicação e visualização em ambiente web, se mostraram consistentes e fidedignos com os testes realizados. A dashboard, em particular, é uma ferramenta essencial para a visualização e tomada de decisão a partir dos dados coletados.

### CONCLUSÃO

O projeto realizado cumpriu com êxito o objetivo geral de desenvolver e validar um dispositivo eletrônico vestível e de baixo custo voltado para o monitoramento remoto de sintomas da doença de Parkinson. A integração do microcontrolador ESP32-WROOM com o módulo multissensorial GY-85 permitiu a detecção precisa e contínua dos sinais do dorso da mão (tremores). Por meio do condicionamento dos sinais captados, que envolveu a

filtragem e a conversão analógico-digital, o sistema demonstrou eficácia e confiabilidade na aquisição e na análise dos dados preliminares.

A aplicação da Transformada Rápida de Fourier (FFT) no backend do sistema se tornou o núcleo da lógica da análise, provando-se eficaz na diferenciação entre movimentos voluntários do usuário e os tremores involuntários característicos da doença. Ao isolar com precisão a faixa de frequência característico da doença (4 Hz a 6 Hz) e transmiti-la via rede TCP/IP, o sistema forneceu tais informações para um dashboard em tempo real. Os testes experimentais validaram que a resposta da interface se mostrou fidedigna com a magnitude dos tremores, estabelecendo uma ferramenta estável para triagem e acompanhamento médico à distância.

Portanto, o dispositivo desenvolvido se mostrou estável e consideravelmente viável e acessível para aplicações clínicas de baixo custo, considerando ainda que o cenário da saúde pública atualmente é marcado, muitas das vezes, pela escassez de recursos e equipamentos clínicos de qualidade. Os conceitos de circuitos, instrumentação e Internet das Coisas (IoT) ministrados na disciplina resultou na criação de um equipamento com grande potencial para implementação clínica.

Para pesquisas futuras seria essencial o aprimoramento ergonômico da luva e a implementação de algoritmos mais robustos, utilizando aprendizado de máquinas, para uma análise a longo prazo dos dados coletados.

### AGRADECIMENTOS

Agrade-se a disciplina de Fundamentos de circuitos e sistemas controlados.

### REFERÊNCIAS

CHRISTÓFALO, Manuele Sabatini. **Análise comparativa de Arduinos na implementação de sistemas embarcados para monitoramento de tremores na doença de Parkinson**. 2025.

ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP32 Technical Reference Manual**. Shanghai: Espressif Systems, 2023.

GIRONELL, A. et al. Tremor Types in Parkinson Disease: A Descriptive Study Using a New Classification. **Parkinsons Dis.**, 2018 Sep 30;2018:4327597. doi: 10.1155/2018/4327597. PMID: 30363956; PMCID: PMC6186312.

NATIONAL INSTITUTE OF NEUROLOGICAL DISORDERS AND STROKE. **Parkinson's Disease**. Bethesda: NINDS, [s.d.]. Disponível em:



<https://www.ninds.nih.gov/health-information/disorders/parkinsons-disease>.

NOZELLA, Mila Figueira et al. **Protótipo de dispositivo vestível utilizando sensor inercial para detecção e visualização em tempo real de tremor de repouso de pessoas com a doença de Parkinson**. 2023.

ROCHA, Lucas. Incapacidade e mortes por doença de Parkinson crescem no mundo, alerta OMS. **CNN Brasil**, São Paulo, 14 jun. 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/saude/incapacidade-e-mortes-por-doenca-de-parkinson-crescem-no-mundo-alerta-oms/>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Launch of WHO's Parkinson disease technical brief**. Geneva: WHO, 14 jun. 2022. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/14-06-2022-launch-of-who-s-parkinson-disease-technical-brief>.