

Universidade Federal de Uberlândia

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

Mila Figueira Nozella

Orientador: Prof. Dr. Adriano de Oliveira Andrade

Uberlândia, Janeiro de 2023

Introdução



- ▶ Parkinson é uma doença neurodegenerativa que acomete a região conhecida como substância negra



- ▶ Principal fator de risco é o envelhecimento
- ▶ Em 2016, 6,1 milhões de pessoas sofriam com a doença
- ▶ Brasil está passando por uma transição demográfica, sua população está envelhecendo



- ▶ Não há tratamentos capazes de reverter a degeneração neuronal
- ▶ As escalas de severidade, como a Escala Unificada de Classificação de Parkinson (UDPRS), são as mais utilizadas para acompanhar o progresso da doença e efetividade dos tratamentos

Introdução



- ▶ Para tratamentos medicamentosos, acompanha-se os períodos ON-OFF
- ▶ Os principais métodos de acompanhamento são subjetivos



- ▶ Buscando diminuir a subjetividade, existem diversas aplicações tecnológicas para coletar e classificar informações
- ▶ Crescimento de plataformas e serviços têm contribuído para o aumento da telemedicina



- ▶ Monitorar eventos de tremor de repouso de pacientes com Parkinson
 - ▶ Tremor de repouso
 - ▶ Dispositivo vestível
 - ▶ Sensor inercial
 - ▶ Tempo real
 - ▶ Ambiente cloud seguro
 - ▶ Exibição gráfica

Fundamentação teórica

A doença de Parkinson

- ▶ Exames neurológicos atestam a degradação dos neurônios dopaminérgicos, entretanto, em geral o diagnóstico é clínico e seus principais sintomas cardinais são tremores, rigidez, bradicinesia e instabilidade postural
- ▶ A frequência típica de oscilação de um tremor parkinsoniano - também chamado de tremor de repouso - é de 3 a 6 Hz
- ▶ Tratamentos medicamentosos são evitados, pois o uso de levodopa ou um agonista de dopamina tem efeitos colaterais a longo prazo e perdem efeito sobre a diminuição dos sintomas

Fundamentação teórica

Quantificação do tremor na
doença de Parkinson



Ferramentas subjetivas

- ▶ Hoehn e Yar
 - ▶ Estágios de 1 a 5 de acordo com sintomas
- ▶ A Escala Unificada de Avaliação da Doença de Parkinson (UPDRS) e sua versão modificada MDS-UPDRS é considerada o padrão ouro
- ▶ Entre outras escalas

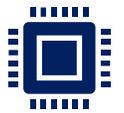


Ferramentas objetivas

- ▶ Diferentes dispositivos e aplicações
- ▶ Sensores inerciais e eletromiográficos
- ▶ Machine learning
- ▶ Dispositivos vestíveis
- ▶ TREMSEN (NIATS-UFU)

Fundamentação teórica

Componentes da aplicação
proposta no trabalho



Hardware

- ▶ Sensores inerciais



Dispositivos vestíveis

- ▶ Ser móvel
- ▶ Aumentar a percepção da realidade
- ▶ Trazer sensibilidade ao contexto

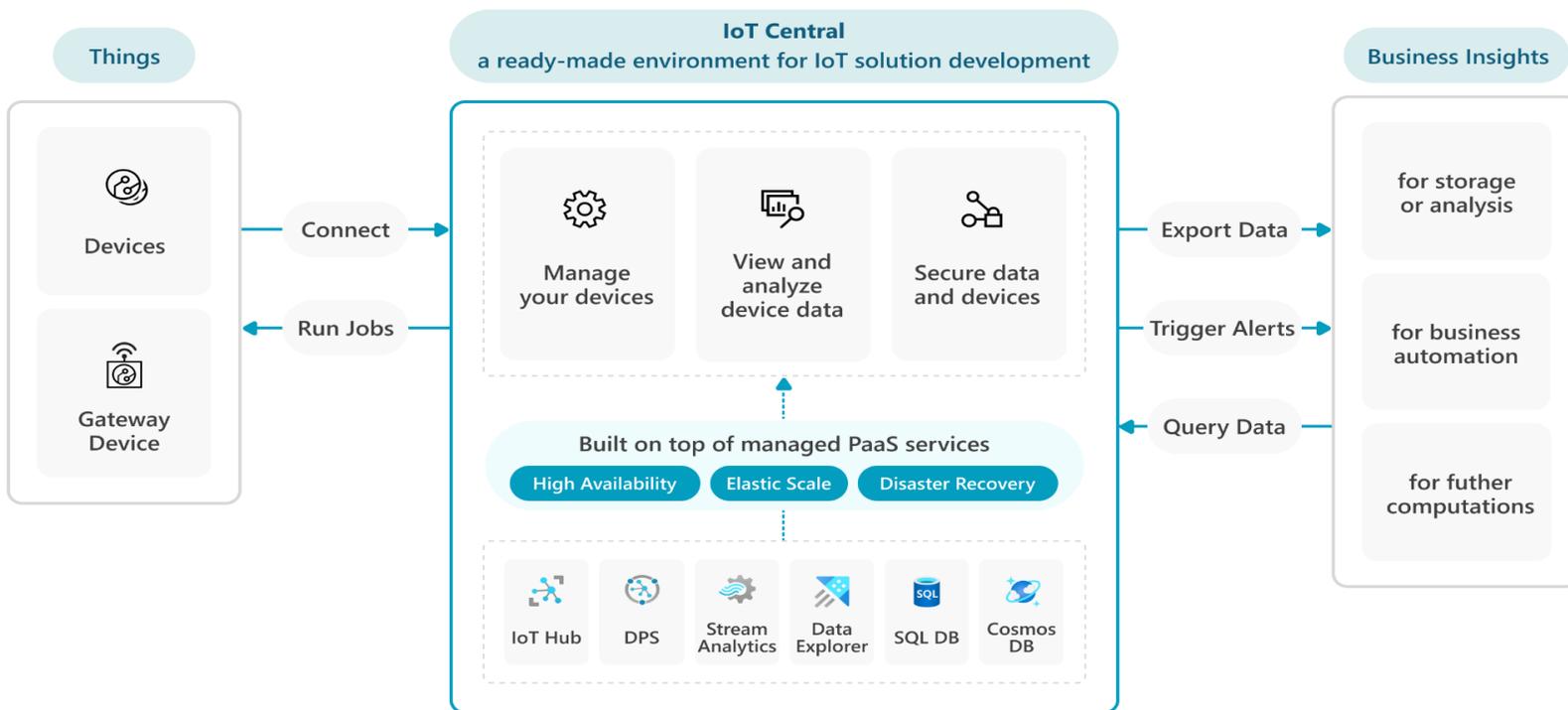


Internet das coisas - IoT

- ▶ Rede de dispositivos
 - ▶ Conectividade com a internet
 - ▶ Operam remotamente, através da internet
- ▶ Building Blocks
 - ▶ Coisas
 - ▶ Gateways
 - ▶ Infraestrutura

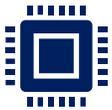
Metodologia

Arquitetura



Fonte: Documentação Microsoft (2022).

Metodologia

Hardware e
processamento 

- ▶ Sensor inercial MPU6050
 - ▶ Aceleração nos três eixos
 - ▶ Sensibilidade +/- 2g
- ▶ Placa de desenvolvimento
 - ▶ ESP32-WROOM-32E
 - ▶ Comunicação I²C via Wire.h
- ▶ Luva para acomodação da placa e sensor
 - ▶ Luva esportiva de Neoprene
 - ▶ Estojo desenhado no AutoCAD®
- ▶ Aquisição e processamento
 - ▶ Janelamento de 1,5s
 - ▶ Frequência de 33Hz
 - ▶ Filtro Butterworth passa alta, Fc de 1,5Hz
 - ▶ Cálculo do RMS
 - ▶ Módulo do RMS dos três eixos
 - ▶ Classificação do sinal em 3 níveis de intensidade
 - ▶ Envio para Azure IoT Central

Metodologia

Comunicação e
plataforma utilizada 

▶ Comunicação

- ▶ Message Queue Telemetry Transport (MQTT)
- ▶ Publish-subscribe
- ▶ Biblioteca Azure SDK for Embedded C
- ▶ Autenticação por meio de token SAS (Assinatura de Acesso Compartilhado)

▶ Plataforma IoT Azure Central

- ▶ Plataforma como serviço (aPaaS)
- ▶ Serviço de Provisionamento de Dispositivos (DPS)
- ▶ Hub IoT
- ▶ Data Explorer
- ▶ Dashboard

Metodologia

Protocolos de teste



- ▶ Funcionamento do sensor inercial
 - ▶ Cinquenta amostras em cada eixo
 - ▶ Valor deve estar próximo de um
- ▶ Detecção de tremor de repouso
 - ▶ Três medidas de 12 minutos, um minuto para cada posição
 - ▶ Mesmo procedimento para mão sem tremor e com tremor
 - ▶ Média e desvio padrão calculados

Descanso

1 minuto



Repouso

1 minuto



Descanso

1 minuto



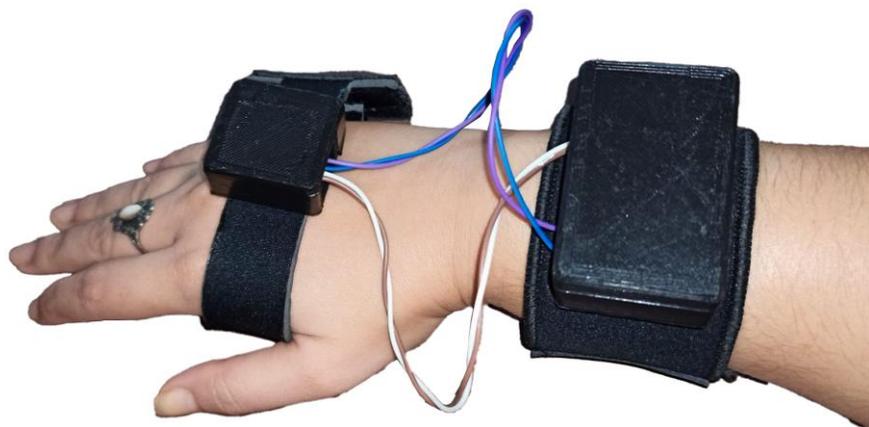
Punho em repouso



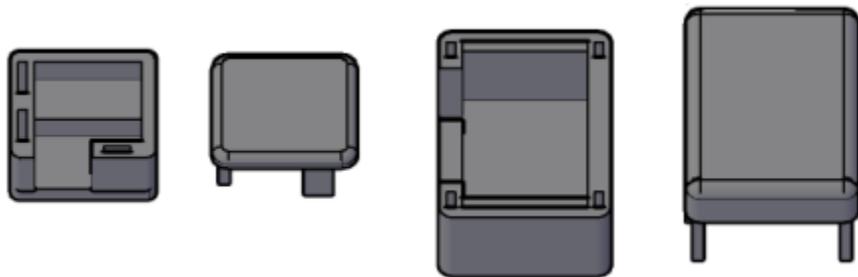
Punho em descanso

Resultados

Protótipo de dispositivo vestível

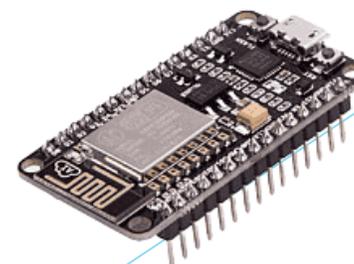


Protótipo desenvolvido



Estojo para o sensor e o Esp32

- ▶ Luva esportiva de neoprene
- ▶ Estojo desenhado no AutoCAD® e impresso em 3D
 - ▶ Acomoda o sensor inercial
 - ▶ Acomoda a placa de desenvolvimento



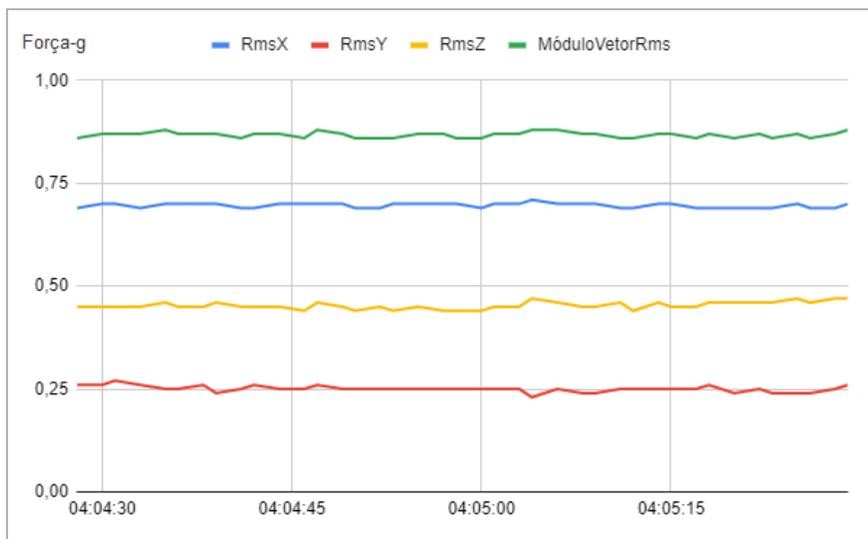
MPU6050 e Esp32

Resultados

Testes

Eixo	Média	Desvio padrão
X	1,0442	0,1000816998
Y	0,94	0,1918247611
Z	1,011	0,07335836434

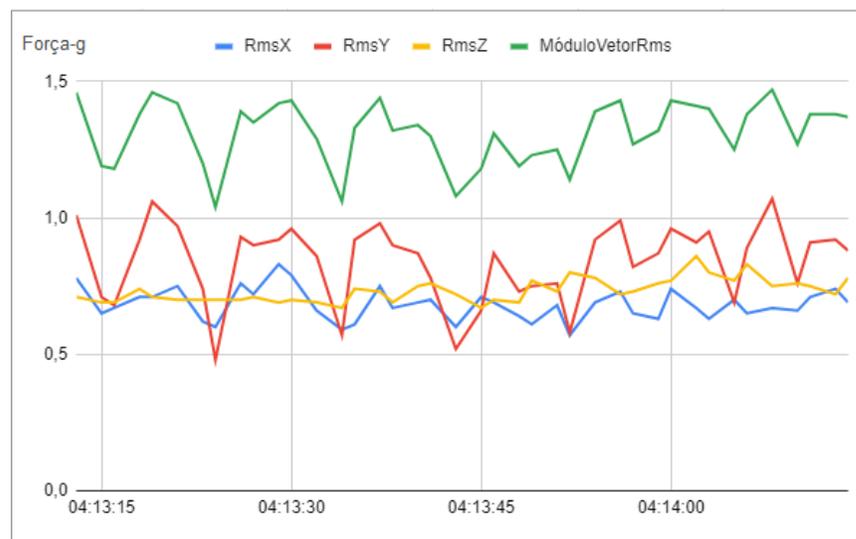
Medidas perpendiculares ao solo



Medidas pulso em repouso - sem tremor

Nível	Força-g
1	1,00 a 1,21
2	1,21 a 1,35
3	> 1,35

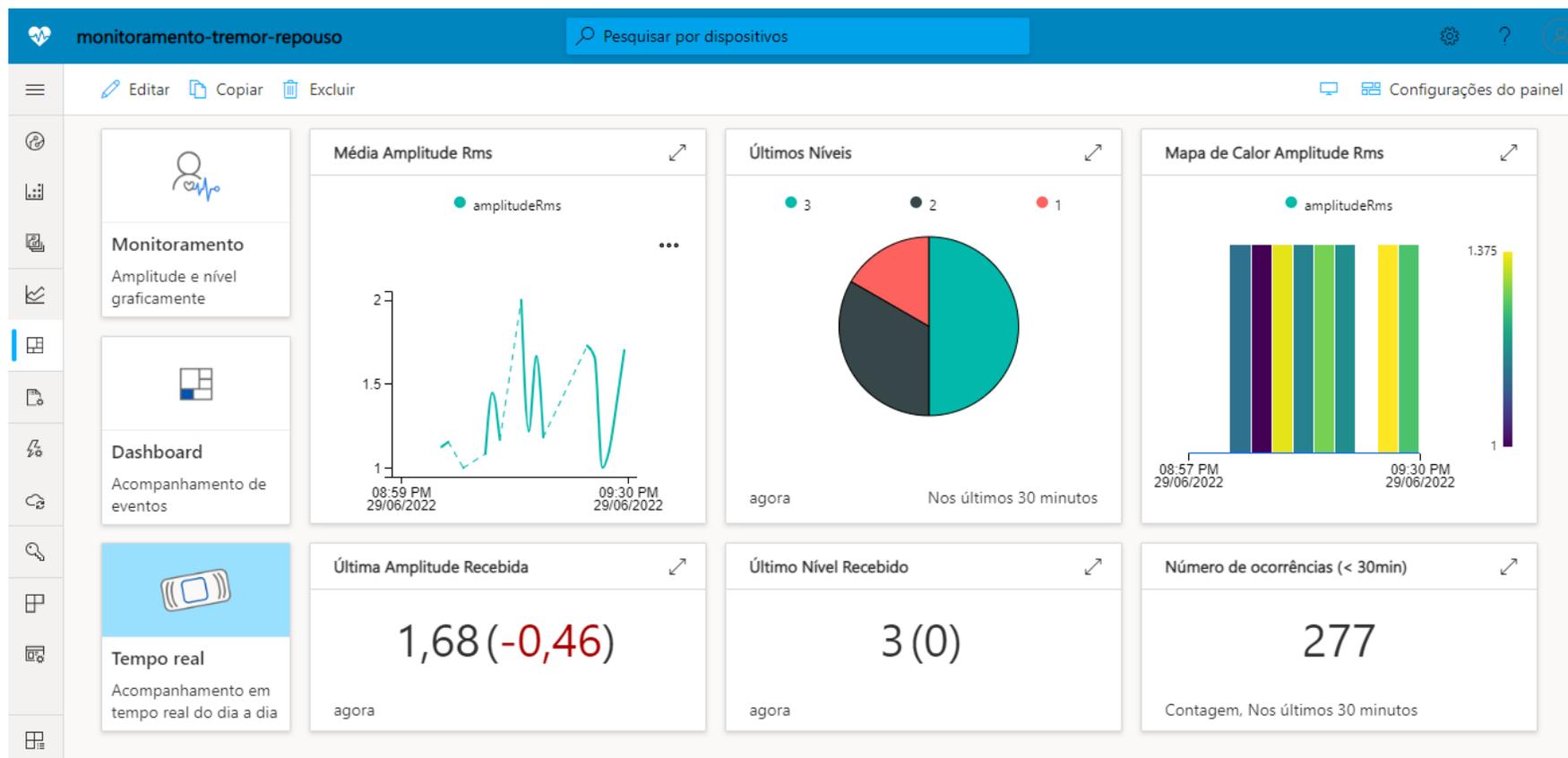
Níveis



Medidas pulso em repouso - com tremor

Resultados

Dashboard



Dashboard do Azure IoT Central

Discussão

- ▶ O sistema cumpre seu objetivo de enviar de forma segura os eventos de tremor de repouso
 - ▶ Foi feito o cálculo RMS nos três eixos, porém, o script pode ser melhorado para classificar com mais precisão os tremores
- ▶ O valor combinado dos três eixos fornece um feedback confiável do estado do paciente. Por exemplo, se está no período ON ou OFF
- ▶ O Dashboard oferece uma opção quase instantânea de visualização do estado do paciente
 - ▶ Há um delay entre o recebimento do dado e exibição gráfica
 - ▶ Somente dados agregados são exibidos, limitando a análise de dados
 - ▶ Pode ser usado para observar a tendência de tremores ao longo do dia
- ▶ É necessário realizar melhorias no protótipo de dispositivo vestível
- ▶ É necessário construir uma interface específica para o paciente com DP visando melhorar a usabilidade do sistema

Considerações Finais

- ▶ O sistema apresenta bom funcionamento para seu propósito, pois é possível monitorar em tempo real eventos de tremor de pacientes com DP
- ▶ Os testes foram feitos simulando tremores de repouso na própria autora e devem ser testados com protocolos conhecidos para avaliar a correlação da classificação da aplicação com as escalas subjetivas, como o padrão ouro UPDRS.
- ▶ Existem limitações na ferramenta para analisar os dados recebidos no ambiente cloud, mas é possível exportar esses dados para analisá-los.
- ▶ O sistema desenvolvido poderia ser utilizado como uma forma segura de monitorar os eventos de tremor e saber a efetividade do tratamento aplicado nos períodos ON/OFF de pacientes com DP
- ▶ Trabalhos futuros podem desenvolver as questões citadas na discussão

Referências

ANDRADE, A. O. et al. Human Tremor: Origins, Detection and Quantification. In: PEREIRA, A. A. (Ed.). . Rijeka: IntechOpen, 2013. p. Ch. 1. <http://dx.doi.org/10.5772/54524>.

ANDRADE, A. TREMSEN Toolbox 2019. Disponível em: <https://github.com/NIATS-UFU/TREMSEN-Toolbox>. Acesso em: 02 out. 2021

BALESTRINO, R.; SCHAPIRA, A. H. V. Parkinson disease. European journal of neurology, v. 27, n. 1, p. 27-42, 2020.

CALIL, Bruno Coelho et al. Caracterização do tremor parkinsoniano de membros superiores por meio de sensores inerciais usando os métodos KNN e FCM. 2020.

CHANNA, Asma et al. A-WEAR Bracelet for Detection of Hand Tremor and Bradykinesia in Parkinson's Patients. Sensors, v. 21, n. 3, p. 981, 2021.

[...]