



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**



**Visualização e Classificação de Características para a  
Discriminação Entre Indivíduos com a Doença de Parkinson  
Submetidos a Tratamento com Levodopa e Estimulação  
Profunda do Cérebro**

Alessandro Ribeiro de Pádua Machado

Orientador: Prof. Dr. Adriano de Oliveira Andrade

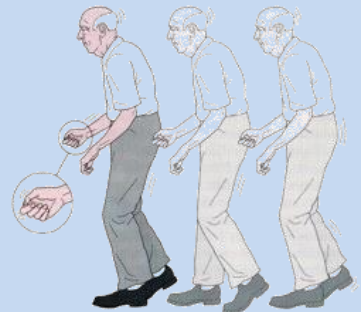
Co-orientador: Prof. Dr. Nader Pouratian

Uberlândia-2016

# INTRODUÇÃO

## ❑ Doença de Parkinson

- James Parkinson;
- Doença degenerativa;
- Afeta 3% da população acima dos 65 anos;
- Raramente ocorre antes dos 30 anos;
- Maior incidência em homens;



# INTRODUÇÃO

## ❑ Doença de Parkinson

- Tremor (entre 4 e 7 Hz);
- Bradicinesia;
- Rigidez;
- Instabilidade postural;
- Incapacitação física - comer, beber água, escrever, segurar objetos;



# INTRODUÇÃO

## ❑ **Doença de Parkinson**

- Problemas com a fala;
- Depressão;
- Demência;
- Altos gastos em serviços públicos.

# INTRODUÇÃO

## ❑ Diagnóstico da doença de Parkinson

- Exames clínicos;
- Subjetividade do examinador;
- Na maioria dos casos de erro de diagnóstico os pacientes são diagnosticados em níveis acima do que eles realmente estão.

# INTRODUÇÃO

## ❑ Diagnóstico da doença de Parkinson

- The Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS);
- Hoehnand Yahr Scale;
- Exame clínico de Bain;
- Questionários

# INTRODUÇÃO

## ❑ Diagnóstico da doença de Parkinson

- Impossibilita a extração de informações críticas como frequência, amplitude e velocidade do tremor;
- Rizzo e colaboradores, 2016.

# INTRODUÇÃO

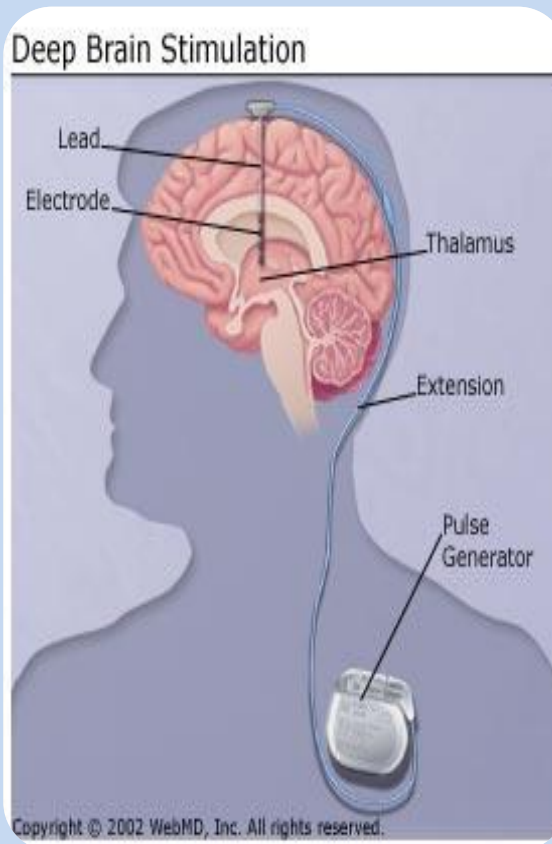
## ❑ **Tratamentos para a doença de Parkinson**

- Medicamentos:
  - Efeito diminui com o passar do tempo;
  - Aumento da dose do medicamento;
- Métodos cirúrgicos ablativos:
  - Talamotomia;
  - Palidotomia.



# INTRODUÇÃO

- ❑ **Tratamentos para a doença de Parkinson**
  - Estimulação Profunda do Cérebro:



# INTRODUÇÃO

## ❑ **Tratamentos para a doença de Parkinson**

- Estimulação Profunda do Cérebro:
  - Estimulação talâmica;
  - Estimulação do Globo Pálido interno (Gpi);
  - Não há nenhuma forma objetiva de se otimizar a configuração dos parâmetros do estimulador.

# INTRODUÇÃO

## ❑ **Tratamentos para a doença de Parkinson**

- Estimulação Profunda do Cérebro:
  - Aprovada pelo *US Food and Drug Administration* em 2002;
  - Mais de 125000 procedimentos realizados em todo o mundo;
  - Foi encontrado um decréscimo de entre 45% e 97% no tremor;
  - É oferecida apenas quando todos os outros métodos não invasivos se mostram ineficazes;
  - Efeitos colaterais;

# INTRODUÇÃO

## ❑ **Tratamentos para a doença de Parkinson**

### ➤ Estimulação Profunda do Cérebro:

- A EPC apenas é administrada em pacientes no caso em que os benefícios são maiores que os possíveis riscos da cirurgia e a redução dos sintomas da doença seja mais efetiva do que terapias com drogas.

# INTRODUÇÃO

## ❑ **Tratamentos para a doença de Parkinson**

- Estimulação Profunda do Cérebro x Métodos ablativos:
  - Menor área lesionada;
  - Reversibilidade;
  - Possibilidade de alteração dos parâmetros;
  - Várias horas para o ajuste dos parâmetros dos eletrodos;
  - Possibilidade de falhas;
  - Troca de baterias entre 3 e 5 anos

# INTRODUÇÃO

## ❑ Comparação entre os métodos de tratamento:

- De Gaspari *et al.*, 2006;
- Deuschl *et al.*, 2006;
- Martinez-Martin e Deuschl, 2007;
- Schupbach *et al.*, 2007;
- Weaver *et al.*, 2009;
- St George *et al.*, 2010;
- Williams *et al.*, 2010;
- Antonini *et al.*, 2011;
- Uhrikova *et al.*, 2011;
- Schuepbach *et al.*, 2013;
- Xie *et al.*, 2016.

# INTRODUÇÃO

## ❑ Comparação entre os métodos de tratamento:

- Xie e colaboradores (2016) → avaliaram 16 trabalhos;
  - Estimulação profunda do cérebro mostrou-se mais eficaz que os medicamentos com relação às tarefas motoras avaliadas pela UPDRS.
- Deuschl e colaboradores (2006) → avaliaram 156 pacientes;
  - A Estimulação profunda do cérebro gerou melhores resultados com relação aos aspectos sociais e motores, de acordo com escalas subjetivas;
  - Foi enfatizado o risco de efeitos colaterais.

# INTRODUÇÃO

## ❑ **Comparação entre os métodos de tratamento:**

- De Gaspari e colaboradores (2006) → avaliaram 25 pacientes por 12 meses;
  - Ambos os grupos apresentaram melhoras motoras de acordo com a UPDRS;
  - O grupo tratado com neuroestimulador apresentou significativas pioras com relação às escalas neuropsiquiátricas.



# INTRODUÇÃO

- ❑ **Comparação entre os métodos de tratamento:**
  - Comparações subjetivas;
  - Necessidade de métodos objetivos.

# OBJETIVO

## □ Objetivo geral

Apresentação de um método que busca definir uma classificação automática entre os grupos de sujeitos com DP tratados com medicamento e com neuroestimulador e os sujeitos saudáveis.

# OBJETIVO

## ❑ Objetivos específicos

- Validar o equipamento e o software desenvolvido para a utilização com a finalidade de mensurar o movimento humano em pacientes com a DP;
- Comparar diferenças motoras entre pacientes com DP tratados com EPC e pessoas saudáveis;
- Comparar diferenças motoras entre pacientes com DP tratados com medicamento e pessoas saudáveis;
- Verificar se a técnica de redução de dimensionalidade de Sammons pode ser utilizada nesse contexto com o objetivo de projetar as diferenças apresentadas entre o comportamento motor dos sujeitos avaliados.

# MATERIAL E MÉTODOS

## ❑ **Voluntários:**

- Um total de 38 sujeitos participaram deste estudo:
  - 10 indivíduos saudáveis ( $S_S$ ) → UFU;
  - 16 indivíduos com a doença de Parkinson tratados com Levodopa ( $S_{DP}$ ) → UFU/Associação de Parkinson;
  - 12 indivíduos com a doença de Parkinson tratados com estimulação profunda do cérebro ( $S_{EPC}$ ) → UCLA (Neurosurgical Brain Mapping & Restoration Lab )

# MATERIAL E MÉTODOS

## □ **Voluntários:**

### ➤ Saudáveis:

➤ Recrutados em Uberlândia;

➤ 3 homens e 7 mulheres → variando entre 23 e 64 anos.

### ➤ Levodopa:

➤ Recrutados em Uberlândia;

➤ 6 homens e 10 mulheres → variando entre 47 e 92 anos.

### ➤ Estimulação profunda do cérebro:

➤ Recrutados na UCLA;

➤ 11 homens e 1 mulher → variando entre 59 e 76 anos.

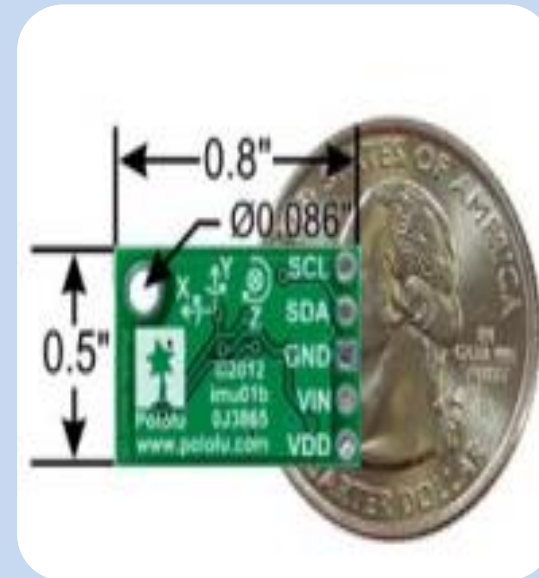
# MATERIAL E MÉTODOS

- Equipamento para mensuração objetiva dos movimentos do punho:
  - Luva confeccionada com Neoprene®.



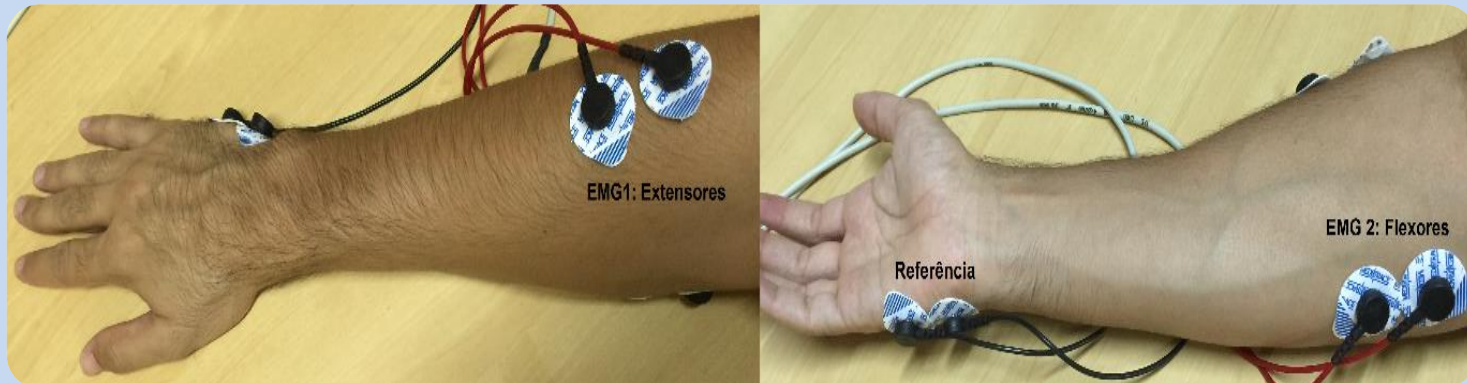
# MATERIAL E MÉTODOS

- Equipamento para mensuração objetiva dos movimentos do punho:
  - Sensores inerciais :
    - Acelerômetro;
    - Giroscópio;
    - Magnetômetro.



# MATERIAL E MÉTODOS

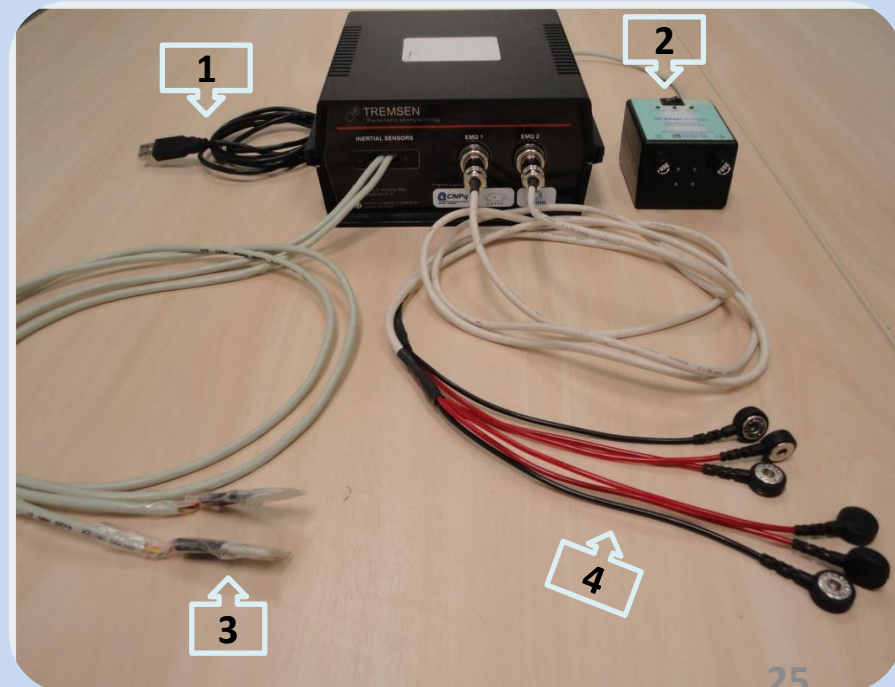
- ❑ Equipamento para mensuração objetiva dos movimentos do punho:
  - Eletromiografia:
    - Músculos extensores do punho;
    - Músculos flexores do punho;
    - Referência.





# MATERIAL E MÉTODOS

- ❑ Equipamento para mensuração objetiva dos movimentos do punho:
  1. Cabo USB para conexão com o computador;
  2. Bateria externa do sistema de eletromiografia;
  3. Sensores inerciais;
  4. Sensores de eletromiografia.



# MATERIAL E MÉTODOS

- ❑ Equipamento para mensuração objetiva dos movimentos do punho:
  - Os sinais foram digitalizados por um microcontrolador Arduino Due.



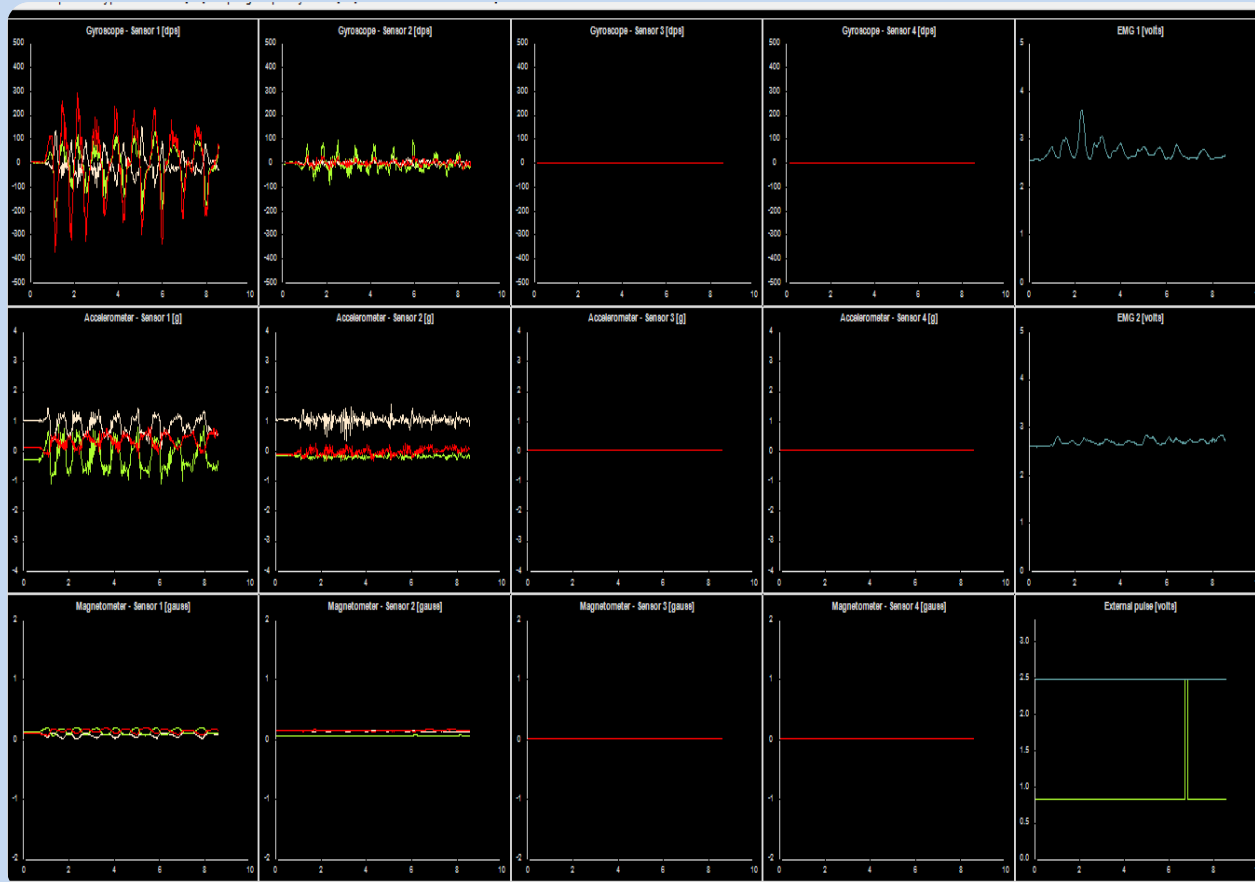
# MATERIAL E MÉTODOS

- ❑ Equipamento para mensuração objetiva dos movimentos do punho:
  - Adicionalmente aos sensores inerciais e de eletromiografia, o hardware tem a capacidade de receber pulsos através de um botão externo.



# MATERIAL E MÉTODOS

- ❑ Equipamento para mensuração objetiva dos movimentos do punho:
  - Software TREMSEM



# MATERIAL E MÉTODOS

## ❑ Execução das tarefas:

- Os sujeitos repetiram por cinco vezes uma sequência de quatro tarefas;
- Cada tarefa teve a duração de dez segundos;
- Não houve descanso entre cada uma das quatro tarefas;
- Entre cada sequência de quatro tarefas o paciente teve 30 segundos de descanso.

# MATERIAL E MÉTODOS

## ❑ Tarefas:

### ➤ Tarefa1:

- Cotovelo completamente estendido, o paciente realizou o movimento de pinça, unindo o polegar com o dedo indicador (os outros dedos também seguiam o movimento do dedo indicador).





# MATERIAL E MÉTODOS

## ❑ Tarefas:

### ➤ Tarefa 2:

- A partir da posição inicial (cotovelo completamente estendido) o voluntário levava o dedo indicador até a ponta de seu próprio nariz, retornando à posição inicial novamente.



# MATERIAL E MÉTODOS

## ❑ Tarefas:

### ➤ Tarefa 3:

- Com o cotovelo completamente estendido, o voluntário realizava pronação e supinação do antebraço.





# MATERIAL E MÉTODOS

## ❑ Tarefas:

### ➤ Tarefa 4:

- O paciente permanecia com o cotovelo em extensão, sem a realização de movimentos voluntários.



# MATERIAL E MÉTODOS

## ❑ **Protocolo de realização da coleta dos dados:**

1. Configuração do hardware;
2. Configuração do software;
3. Colocar a luva e os sensores de eletromiografia no membro de maior tremor do sujeito;
4. Solicitar que o sujeito realize movimentos de extensão e flexão do cotovelo e rotação do punho;
5. Solicitar que o paciente realize cada uma das tarefas (repetidamente) por 10 segundos, sem descanso entre cada uma delas.

# MATERIAL E MÉTODOS

## ❑ **Protocolo de realização da coleta dos dados:**

6. Solicitar que o paciente descanse por 30 segundos da forma mais confortável possível;
7. Repetir os passos 5 e 6 por mais quatro vezes;
8. Parar a aquisição;
9. Salvar os dados com o número de identificação do paciente.

# MATERIAL E MÉTODOS

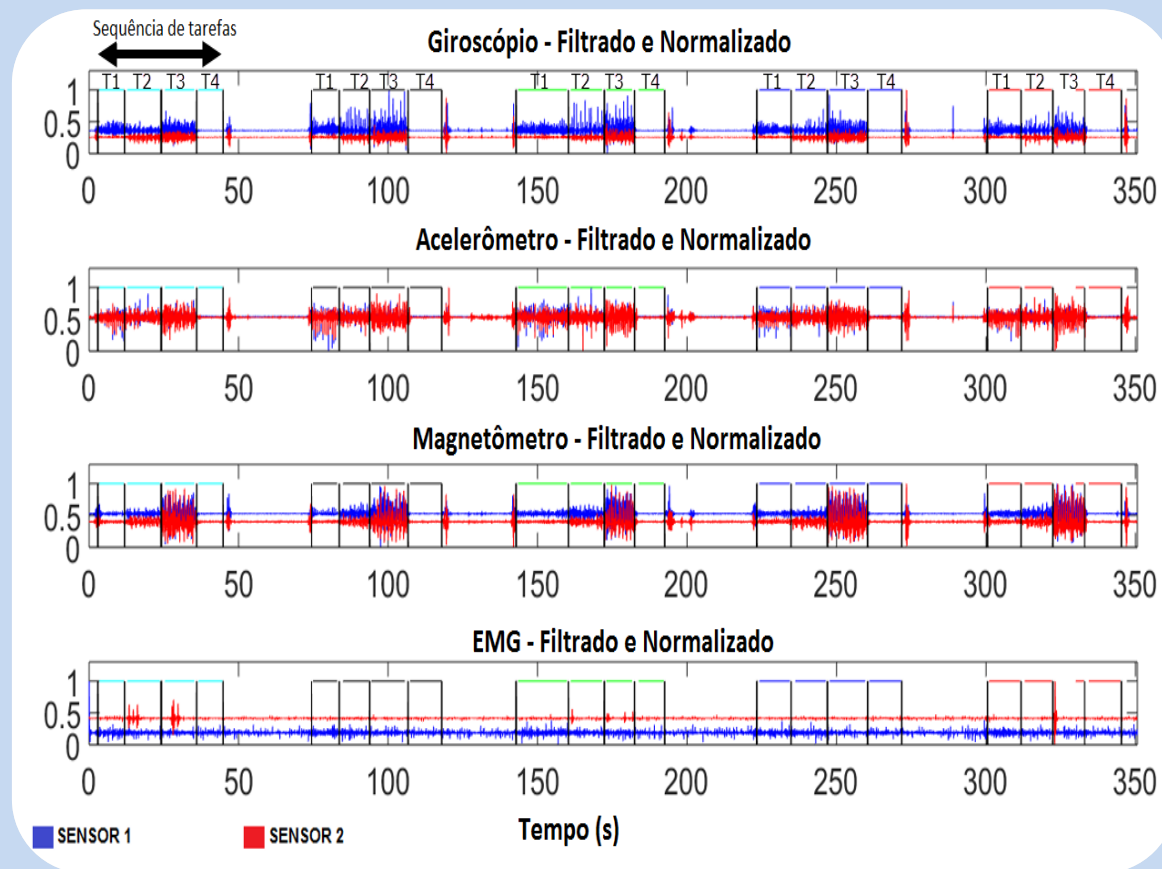
## ❑ **Análise dos dados:**

1. Sinal de entrada;
2. Estimativa da componente resultante;
3. Filtragem do sinal (corte inferior em 0.5Hz e corte superior em 25Hz);
4. Remoção de tendências lineares e não lineares;
5. Transformada de Hilbert:
  - Amplamente empregada para a identificação e análise de parâmetros que variam com o tempo e tem sido muito utilizada na análise de sinais biomédicos;
  - Frequência Instantânea e Amplitude Instantânea.

# MATERIAL E MÉTODOS

## ❑ Análise dos dados:

### 6. Janelamento do sinal



# MATERIAL E MÉTODOS

## ❑ **Análise dos dados:**

### 7. Extração de características.

- Com os dados devidamente filtrados, normalizados e janelados foi realizada uma extração de características específicas através do sinal filtrado (SF), amplitude instantânea (AI) e da frequência instantânea (FI).

# MATERIAL E MÉTODOS

## □ Análise dos dados:

- Características relacionadas com a amplitude:
  - MAV → Valor absoluto médio;
  - RMS → Valor RMS ou média quadrática;
  - PEAK → Máximo global;
  - MAVSDN → Valores médios absolutos das segundas diferenças do sinal normalizado;
  - MAVSD → Média dos valores absolutos das segundas diferenças;
  - MAVFDN → Média dos valores absolutos das primeiras diferenças do sinal normalizado;
  - MAVFD → Média dos valores absolutos das primeiras diferenças do sinal.

# MATERIAL E MÉTODOS

## ❑ **Análise dos dados:**

- Características relacionadas com a variabilidade:
  - INTERQ\_RANGE → Intervalo interquartil do sinal;
  - Range → Diferença entre o valor máximo e mínimo do sinal;
  - STD → Desvio padrão;
  - VAR → Variância.
- Entropia:
  - Entropia Aproximada → Mensura o número de formas específicas em que o sistema pode ser organizado.



# MATERIAL E MÉTODOS

## ❑ **Análise dos dados:**

- Métodos SF, AI e FI → SF-AI, SF-FI, AI-FI e SF-AI-FI;
- Sammon's mapping:
  - Técnica de redução de dimensionalidade de dados que mantém a estrutura desses dados reduzida;
  - Não linear → mapeamento não pode ser representado como uma combinação das variáveis originais.

# MATERIAL E MÉTODOS

## ❑ **Análise dos dados:**

### ➤ **Análise estatística:**

- NPMANOVA - Non-Parametric MANOVA → comparar medidas de distâncias entre pares de observações dentro do mesmo grupo contra as distâncias em diferentes grupos;
- A análise foi realizada através do software PAST (PAleontological STatistics) e um valor  $p$  de 5% foi considerado.

# MATERIAL E MÉTODOS

## ❑ **Análise dos dados:**

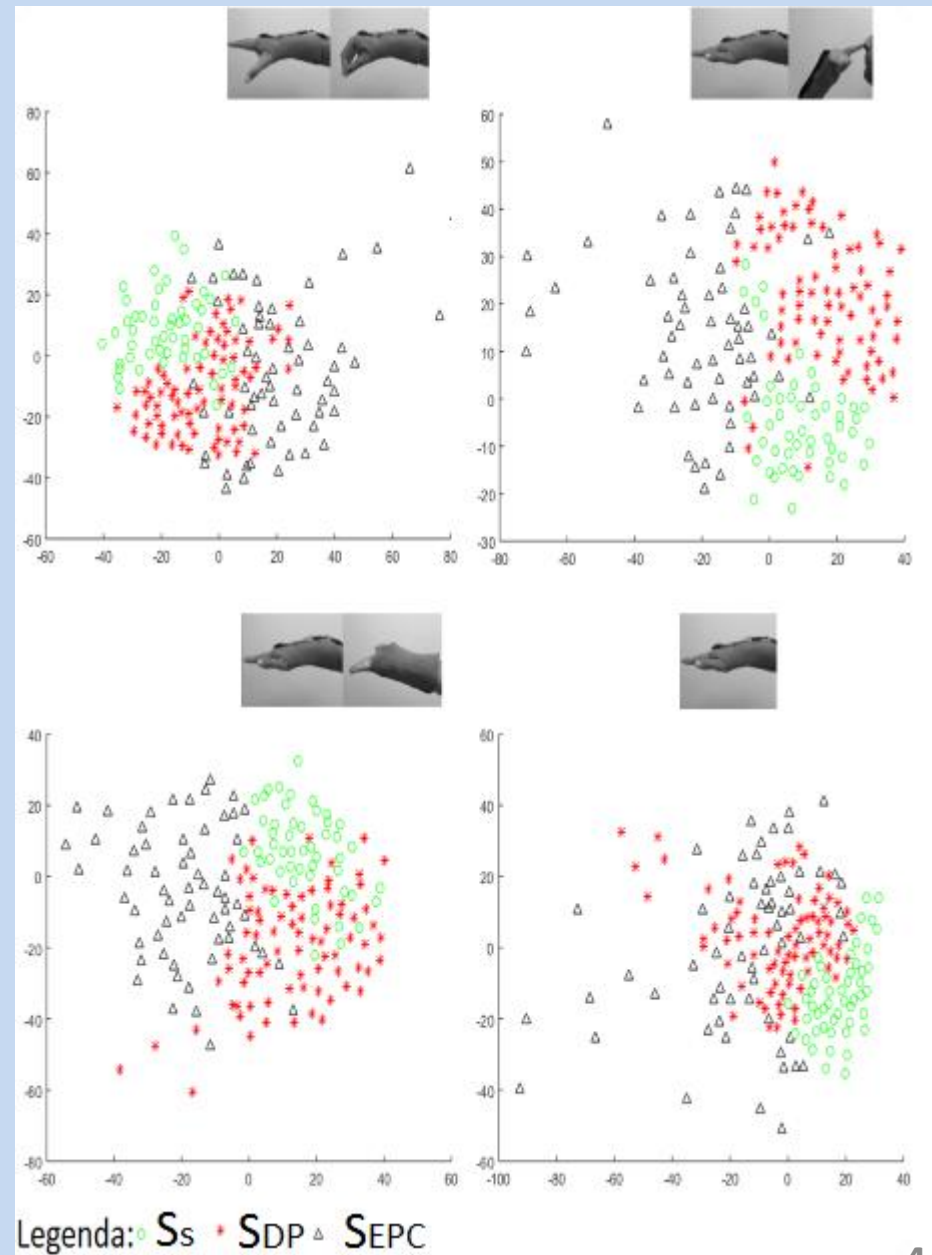
### ➤ **Análise de classificação:**

#### ➤ **Método K-fold de validação cruzada.**

- Classificador é treinado com um conjunto de dados (treinamento ou classificador).
- O modelo gerado é executado com um conjunto de dados de teste, já conhecido.
- O resultado da previsão é comparado ao resultado correto.

# RESULTADOS

## □ Samon's mapping



# RESULTADOS

## ❑ Estatística:

- Para todas as tarefas e métodos → valor  $p$ , com a correção de Bonferroni, foi menor que 0,05. Desta forma, a discriminação entre os grupos foi estatisticamente confirmada.

# RESULTADOS

## ❑ Classificação:

- Tabela 1 → taxa de sucesso (normalizada entre 0 e 1) para os dados empregados para treinar o classificador;
- Tabela 2 → resultados dos novos dados apresentados ao classificador treinado.

Método	Tarefa	$S_S (S_S)$	$S_S (S_{DP})$	$S_S (S_{EPC})$	$S_{DP} (S_S)$	$S_{DP} (S_{DP})$	$S_{PD} (S_{EPC})$	$S_{EPC} (S_S)$	$S_{EPC} (S_{DP})$	$S_{EPC} (S_{EPC})$	MédiaVP	STDVP
SF	1	0,85	0,11	0,04	0,11	0,79	0,10	0,12	0,18	0,70	0,78	0,05
	2	0,85	0,06	0,09	0,12	0,84	0,04	0,17	0,13	0,70	0,80	0,06
	3	0,69	0,27	0,05	0,16	0,72	0,11	0,09	0,21	0,70	0,70	0,01
	4	0,90	0,08	0,01	0,23	0,66	0,11	0,05	0,34	0,61	0,72	0,12
	Média	0,82	0,13	0,05	0,16	0,75	0,09	0,11	0,22	0,68	0,75	0,05
	Std	0,07	0,07	0,02	0,04	0,06	0,03	0,04	0,06	0,04	0,05	0,01

# RESULTADOS

## □ Classificação:

### ➤ Tarefas:

- Maior taxa de sucesso: Tarefa 2 (81% para classificação e 72% para teste).
- Menor taxa de sucesso: Tarefas 3 e 4 (75% para classificação) e Tarefa 4 (61% para teste).

CLASSIFICAÇÃO								
Tarefa	SF	AI	FI	SF-AI	SF-FI	AI-FI	SF-AI-FI	Média geral
1	0,78	0,75	0,70	0,77	0,80	0,79	0,80	0,77
2	0,80	0,75	0,81	0,78	0,86	0,84	0,84	0,81
3	0,70	0,74	0,71	0,76	0,83	0,77	0,74	0,75
4	0,72	0,74	0,73	0,75	0,75	0,76	0,76	0,75
Média	0,75	0,75	0,74	0,76	0,81	0,79	0,78	

TESTE								
Tarefa	SF	AI	FI	SF-AI	SF-FI	AI-FI	SF-AI-FI	Média geral
1	0,69	0,67	0,62	0,68	0,71	0,70	0,71	0,68
2	0,67	0,64	0,74	0,66	0,79	0,76	0,75	0,72
3	0,59	0,61	0,63	0,64	0,74	0,67	0,64	0,65
4	0,58	0,62	0,63	0,61	0,61	0,62	0,62	0,61
Mean	0,63	0,64	0,66	0,65	0,71	0,69	0,68	

# RESULTADOS

## □ Classificação:

### ➤ Métodos:

- Maior taxa de sucesso: SF-FI (81% para classificação e 71% para teste);
- Menor taxa de sucesso: FI (74% para classificação) e SF (63% para teste).

CLASSIFICAÇÃO								
Tarefa	SF	AI	FI	SF-AI	SF-FI	AI-FI	SF-AI-FI	Média geral
1	0,78	0,75	0,70	0,77	0,80	0,79	0,80	0,77
2	0,80	0,75	0,81	0,78	0,86	0,84	0,84	0,81
3	0,70	0,74	0,71	0,76	0,83	0,77	0,74	0,75
4	0,72	0,74	0,73	0,75	0,75	0,76	0,76	0,75
Média	0,75	0,75	0,74	0,76	0,81	0,79	0,78	

TESTE								
Tarefa	SF	AI	FI	SF-AI	SF-FI	AI-FI	SF-AI-FI	Média geral
1	0,69	0,67	0,62	0,68	0,71	0,70	0,71	0,68
2	0,67	0,64	0,74	0,66	0,79	0,76	0,75	0,72
3	0,59	0,61	0,63	0,64	0,74	0,67	0,64	0,65
4	0,58	0,62	0,63	0,61	0,61	0,62	0,62	0,61
Mean	0,63	0,64	0,66	0,65	0,71	0,69	0,68	



# RESULTADOS

## □ Classificação:

### ➤ Métodos:

- Tarefas 1, 2 e 3 → SF-FI se mostrou melhor para os grupos de classificação (0,80, 0,86 e 0,83, respectivamente) e teste (0,71, 0,79 e 0,74, respectivamente).
- Tarefa 4 → melhores métodos para classificação foram AI-FI e SF-AI-FI (0,76) e o o grupo de teste foi FI (0,63).

CLASSIFICAÇÃO								
Tarefa	SF	AI	FI	SF-AI	SF-FI	AI-FI	SF-AI-FI	Média geral
1	0,78	0,75	0,70	0,77	0,80	0,79	0,80	0,77
2	0,80	0,75	0,81	0,78	0,86	0,84	0,84	0,81
3	0,70	0,74	0,71	0,76	0,83	0,77	0,74	0,75
4	0,72	0,74	0,73	0,75	0,75	0,76	0,76	0,75
Média	0,75	0,75	0,74	0,76	0,81	0,79	0,78	

TESTE								
Tarefa	SF	AI	FI	SF-AI	SF-FI	AI-FI	SF-AI-FI	Média geral
1	0,69	0,67	0,62	0,68	0,71	0,70	0,71	0,68
2	0,67	0,64	0,74	0,66	0,79	0,76	0,75	0,72
3	0,59	0,61	0,63	0,64	0,74	0,67	0,64	0,65
4	0,58	0,62	0,63	0,61	0,61	0,62	0,62	0,61
Mean	0,63	0,64	0,66	0,65	0,71	0,69	0,68	

# RESULTADOS

## □ Classificação:

### ➤ Grupos:

- Sujeitos → considerando os valores médios de todas as tarefas para cada um dos métodos.
- Grupo  $S_S$  mostrou a maior taxa de sucesso no grupo de classificação com o método SF-FI (0,89) e a maior taxa de sucesso para o grupo de teste com os métodos FI e SF-FI (0,82);
- Grupo  $S_{DP}$  mostrou a maior taxa de sucesso para o grupo de classificação com os métodos AI, SF-AI e SF-FI (0,76) e a maior taxa de sucesso para o grupo de teste com o método SF-FI (0,64);
- Grupo  $S_{EPC}$  mostrou a maior taxa de sucesso para ambos os grupos com o método SF-FI (0,78 para classificação e 0,68 para teste).

# RESULTADOS

## ❑ Classificação:

### ➤ Grupos:

➤ Levando em conta o valor médio de cada tarefa em todos os métodos:

➤ Grupo  $S_S$ : Tarefa 4 mostrou maior taxa de sucesso;

➤ Grupo  $S_S$ : Tarefa 3 mostrou a pior taxa de sucesso.

Classificação			
Tarefa	$S_S$	$S_{DP}$	$S_{EPC}$
T1	<b>0,85</b>	0,74	0,72
T2	<b>0,85</b>	0,81	0,77
T3	<b>0,77</b>	0,69	0,79
T4	<b>0,94</b>	0,69	0,60

Teste			
Tarefa	$S_S$	$S_{DP}$	$S_{EPC}$
T1	<b>0,77</b>	0,63	0,65
T2	<b>0,76</b>	0,70	0,69
T3	<b>0,69</b>	0,56	0,69
T4	<b>0,80</b>	0,54	0,50

# RESULTADOS

## □ Classificação:

### ➤ Grupos:

- Levando em conta o valor médio de cada tarefa em todos os métodos:
  - Grupo  $S_{DP}$ : Tarefa 2 mostrou maior taxa de sucesso;
  - Grupo  $S_{DP}$ : Tarefas 3 e 4 e mostraram a pior taxa de sucesso no grupo de classificação e a Tarefa 4 apresentou a pior taxa de sucesso no grupo de teste.

Classificação			
Tarefa	$S_S$	$S_{DP}$	$S_{EPC}$
T1	0,85	<b>0,74</b>	0,72
T2	0,85	<b>0,81</b>	0,77
T3	0,77	<b>0,69</b>	0,79
T4	0,94	<b>0,69</b>	0,60

Teste			
Tarefa	$S_S$	$S_{DP}$	$S_{EPC}$
T1	0,77	<b>0,63</b>	0,65
T2	0,76	<b>0,70</b>	0,69
T3	0,69	<b>0,56</b>	0,69
T4	0,80	<b>0,54</b>	0,50

# RESULTADOS

## □ Classificação:

### ➤ Grupos:

- Levando em conta o valor médio de cada tarefa em todos os métodos:
  - Grupo  $S_{EPC}$ : Tarefa 3 mostrou maior taxa de sucesso no grupo de classificação e as Tarefas 2 e 3 no grupo de teste.
  - Grupo  $S_{EPC}$ : Tarefa 4 mostrou a pior taxa de sucesso no grupo de classificação e teste.

Classificação			
Tarefa	$S_S$	$S_{DP}$	$S_{EPC}$
T1	0,85	0,74	<b>0,72</b>
T2	0,85	0,81	<b>0,77</b>
T3	0,77	0,69	<b>0,79</b>
T4	0,94	0,69	<b>0,60</b>

Teste			
Tarefa	$S_S$	$S_{DP}$	$S_{EPC}$
T1	0,77	0,63	<b>0,65</b>
T2	0,76	0,70	<b>0,69</b>
T3	0,69	0,56	<b>0,69</b>
T4	0,80	0,54	<b>0,50</b>

# DISCUSSÃO

- ❑ Estudos com métodos subjetivos mostram diferenças entre os **grupos** (De Gaspari et al., 2006; Deuschl et al., 2006; Deuschl et al., 2006; Martinez-Martin e Deuschl, 2007; Schupbach et al., 2007; Weaver et al., 2009; St George et al., 2010; Williams et al., 2010; Antonini et al., 2011; Schuepbach et al., 2013; Xie et al., 2016);
- ❑ Introdução de um método objetivo;
- ❑ Primeiro estudo com esse foco.

# DISCUSSÃO

- Relevância das tarefas:
  - Tarefas amplamente usadas na avaliação clínica de pacientes.
  - Mapeamento de Sammon discriminou os grupos em todas as tarefas.
  - Tarefa 2 apresentou maior taxa de sucesso.
  - Outras tarefas devem ser avaliadas.

# DISCUSSÃO

- Métodos de processamento dos dados:
  - SF → baseado no sinal filtrado;
  - AI → leva em conta as mudanças na amplitude do sinal;
  - FI → captura as alterações da frequência do sinal ao longo do tempo;
  - SF-FI combinado com a Tarefa 2 apresentou maior taxa de sucesso geral.



# DISCUSSÃO

- Aplicações potenciais e práticas:
  - Pacientes com outras disfunções motoras.
  - Acompanhamento de tratamentos.

# CONCLUSÃO

Dispositivo e os métodos descritos neste estudo poderiam, potencialmente, produzir melhorias sobre os métodos atuais de gerenciamento de pacientes com a DP, limitando o papel subjetivo dos métodos e escalas que são susceptíveis ao viés humano.

A visualização gerada pela técnica de Sammon tem a capacidade de preservar a distância entre os diferentes grupos, assim todos eles puderam ser claramente identificados quando avaliados em todas as diferentes tarefas.

Tarefa mais eficaz → Tarefa 2.

O método mais eficaz → SF-AI.

# PUBLICAÇÕES

- ❑ Trabalhos apresentados em eventos:
  - Objective measurement of tremor during clinic evaluation in patients with deep brain stimulation. VIII Simpósio em Engenharia Biomédica Uberlândia, 2015.
  - Luva Instrumentada Para Registro E Quantificação Do Tremor De Punho. Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2014.
- ❑ Registros de patentes:
  - Luva instrumentada e órtese ativa para a quantificação e atenuação do tremor humano. 2014.
  - Caneta para quantificar o tremor humano da articulação do punho. 2014.
- ❑ Artigo aceito:
  - Feature Visualization and Classification for the Discrimination Between Individuals with Parkinson's Disease Under Levodopa and DBS Treatments. Biomedical Engineering Online.

# AGRADECIMENTOS

- Deus, família e amigos.
- Adriano Andrade e Nader Pouratian.
- CAPES, CNPq, FAPEMIG e Fundação Lemann.

