

INTERFACE CÉREBRO MÁQUINA HÍBRIDA UTILIZANDO AMPLIFICADOR EEG DE BAIXO CUSTO

Rafael Mendes Duarte

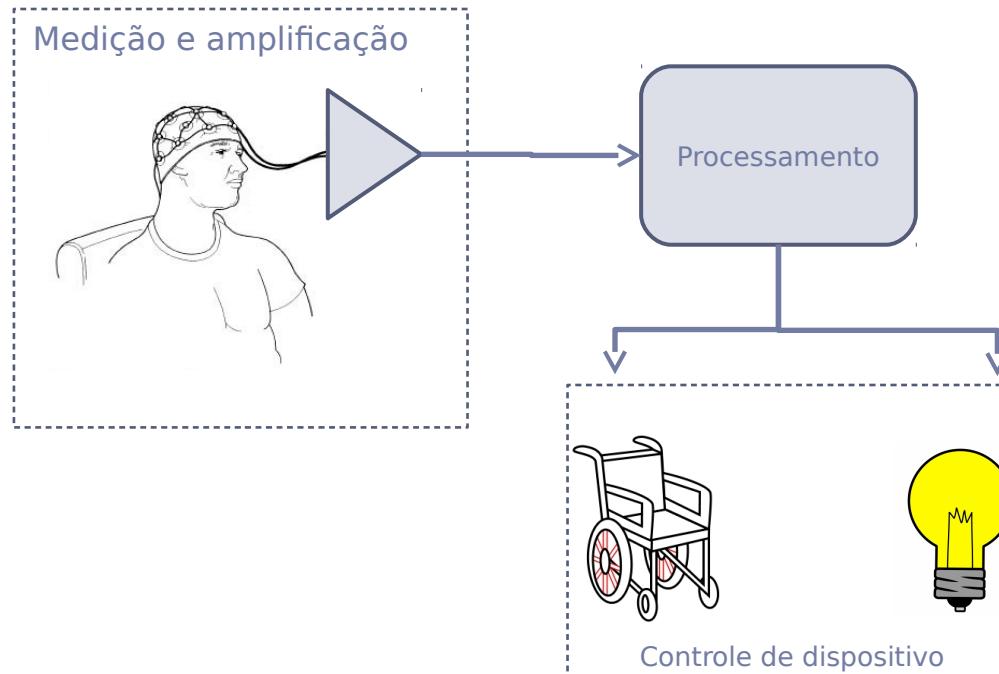
Orientador: Jefferson Luiz Brum Marques
Co-Orientador: Alexandre Trofino

Estrutura da apresentação

- Introdução
- Revisão Bibliográfica
- Objetivos
- Motivação
- Metodologia
- Resultados
- Conclusão
- Perspectivas futuras

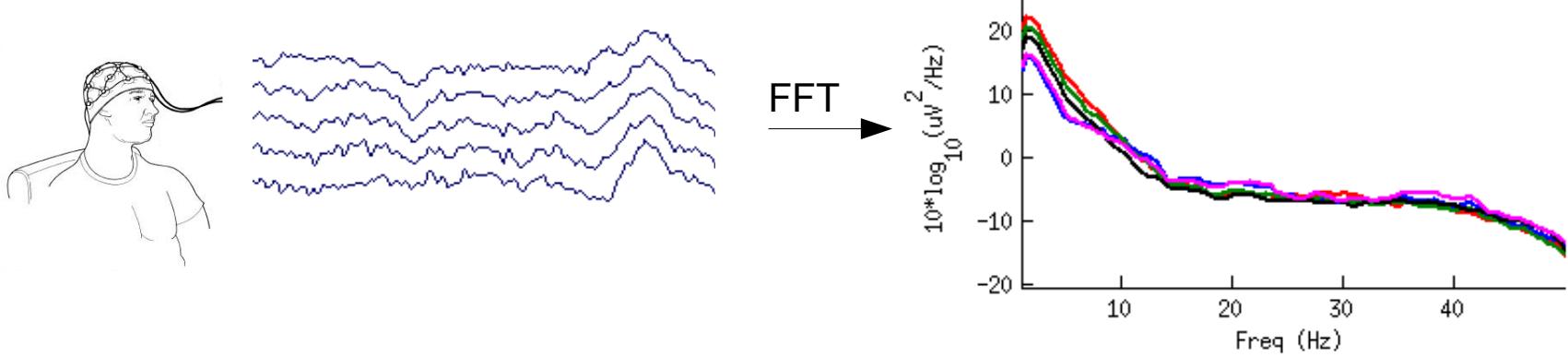
Introdução: Estrutura de um sistema BCI

- Objetivo: Coletar as informações do cérebro e utilizá-las para realizar uma tarefa específica
- Aplicações diversas na área biomédica, principalmente para pacientes com a comunicação entre SNC e músculos comprometida

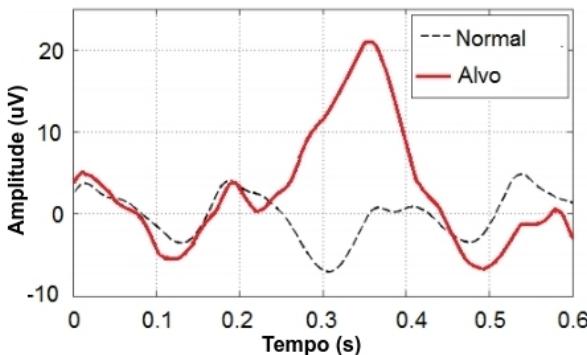


Eletroencefalografia (EEG)

- Procedimento não invasivo: medido através de eletrodos posicionados no escâlpo do paciente
- O sinal EEG é gerado pelo disparo sincronizado de potenciais de ação (PA) de populações de neurônios
- Amplitude geralmente de até 100 μV e banda de 1 a 50 Hz
- Sensível a contaminações por artefatos: EMG, EOG, ECG e 60 Hz
- Apresenta variações significativas entre sujeitos

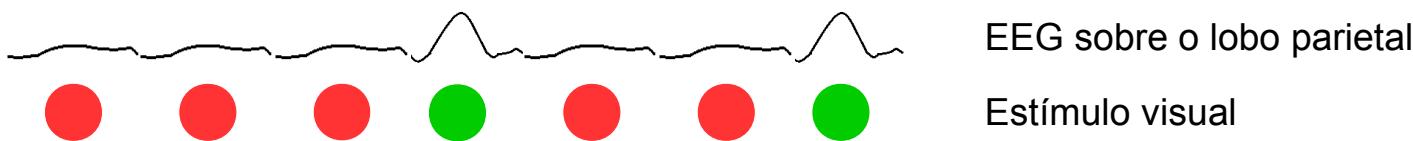


Sinais de interesse para BCIs: P300



- Potencial evocado por estímulos externos (ERP): visuais, auditivos e tátteis
- Pico de potencial que ocorre usualmente 300 ms após o estímulo e é positivo, originando seu nome.
- Medido, principalmente, sobre o lobo parietal.

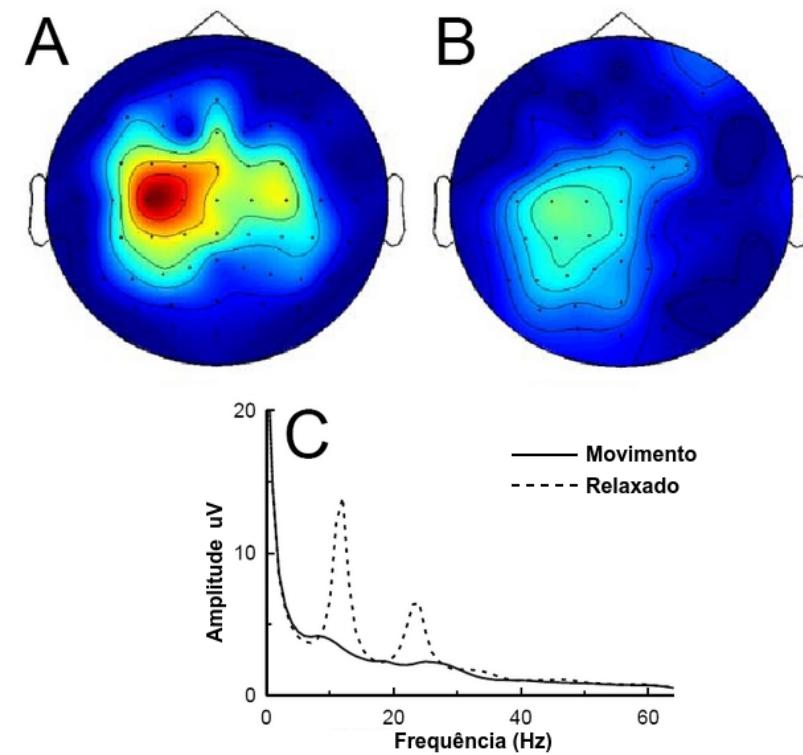
- Sinal concentrado na banda de 1 a 12 Hz
- A estimulação necessária é baseada no paradigma *oddball*:



- Ligado ao nível de concentração do usuário aos estímulos

Sinais de interesse para BCIs: ondas μ

- Gerado a partir do disparo sincronizado de neurônios do córtex motor
- É atenuado quando o usuário realiza ou imagina movimentos
- Sinal concentrado na banda de 8 a 12 Hz



Objetivo

- Projeto de BCI:
 - Sistema de baixo custo
 - Híbrido - Aumentar taxa de transmissão de dados
 - P300 com estímulo tátil – Permite maior liberdade para o usuário, sem comprometer outros sentidos como visão e audição.
- Inferir os principais desafios no projeto e implementação de um sistema BCI de baixo custo

Motivação

- Sistemas BCIs ainda não são difundidos devido ao alto custo e baixa portabilidade

Amplificador Mitsar202A



- Não Portátil
- Preço: \$7000

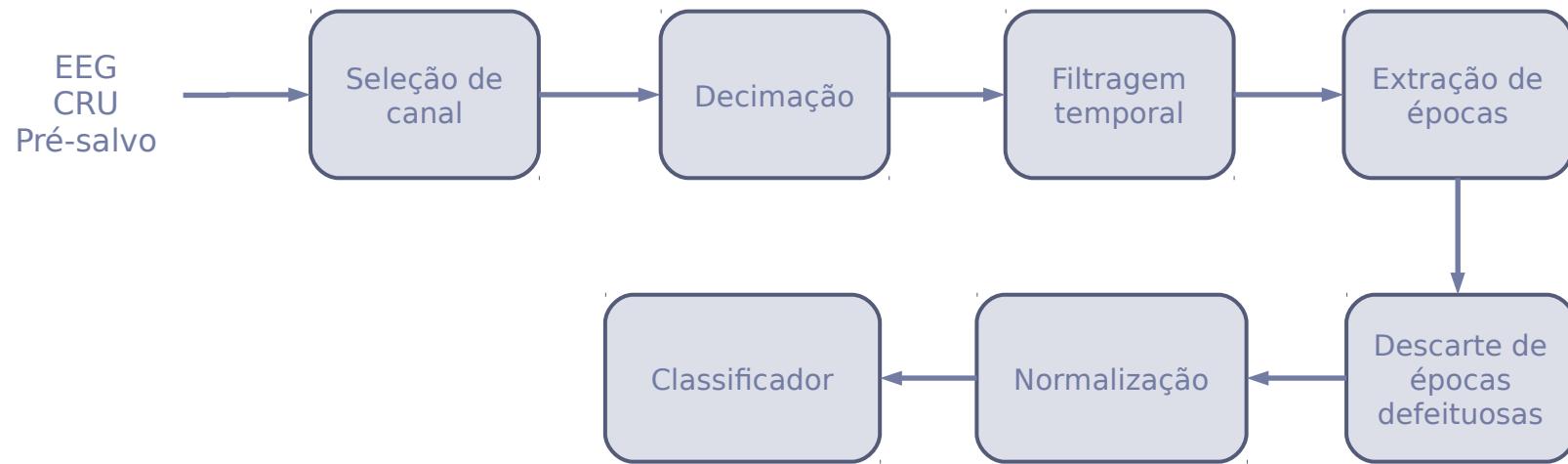
Amplificador OLIMEX EEG-SMT



- Portátil
- Preço: \$150

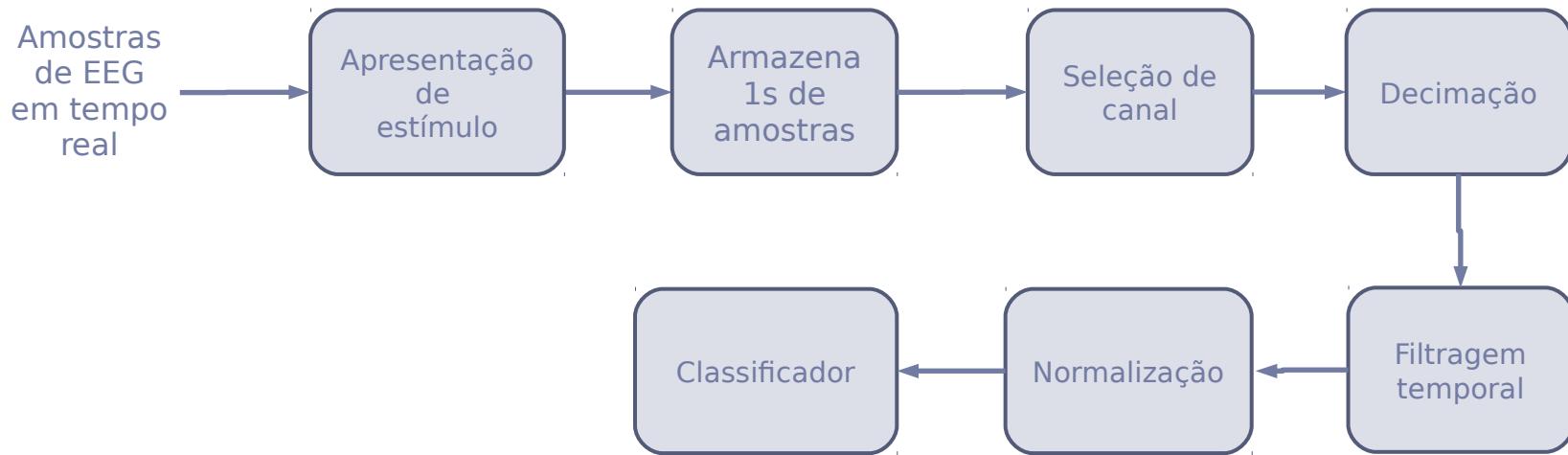
Metodologia: Processamento dos sinais

Modo offline



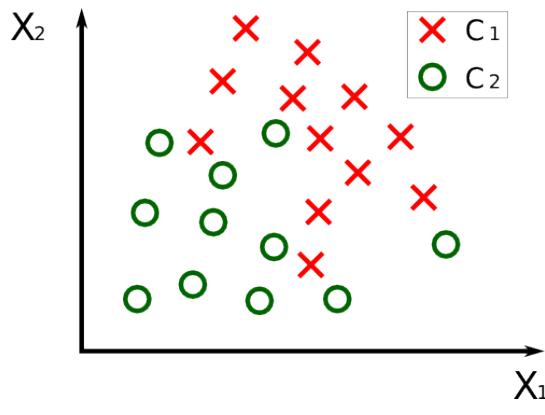
Metodologia: Processamento dos sinais

Modo online



Metodologia: Algoritmo de classificação LDA

- Objetivo: Dado um conjunto de pontos pertencentes a duas classes C_1 e C_2 , identificar os pontos de cada classe.

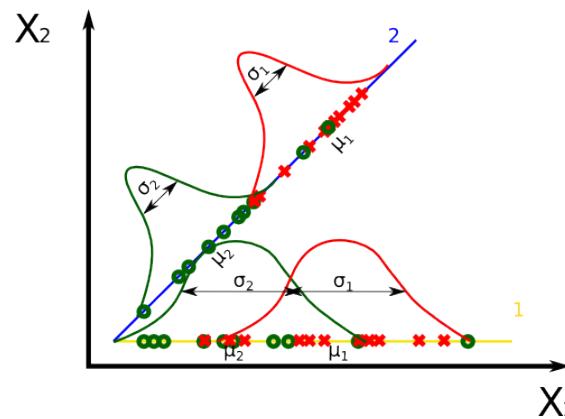
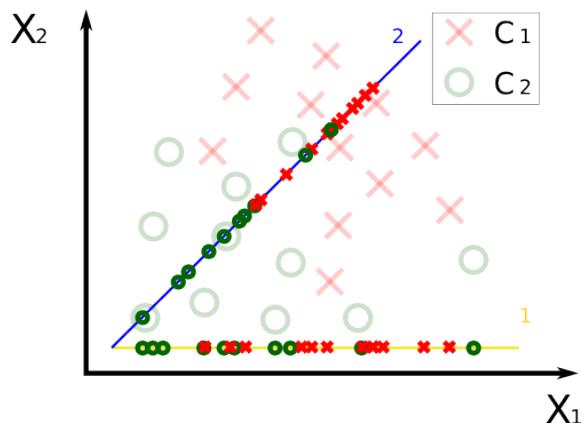


- Uma forma, é projetar os pontos em um subespaço unidimensional através da operação:

$$y = W^T x$$

- A matriz W é encontrada de modo a maximizar a função custo:

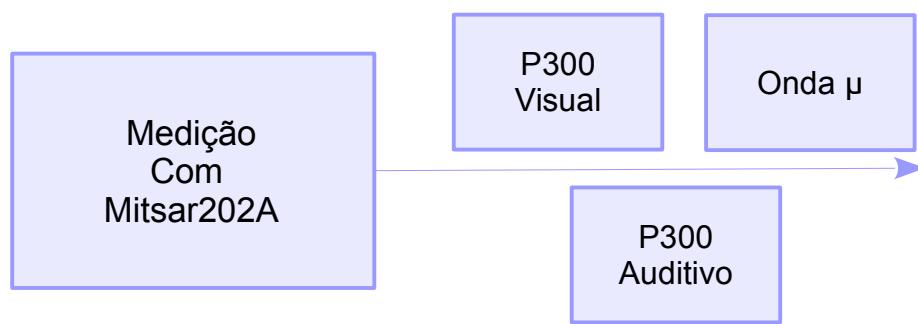
$$J(W) = \frac{(\mu_1 - \mu_2)^2}{\sigma_1 + \sigma_2}$$



Metodologia: Protocolos de estímulos

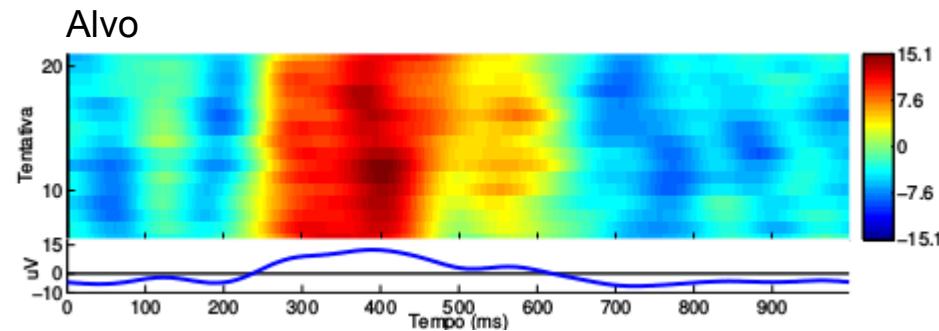
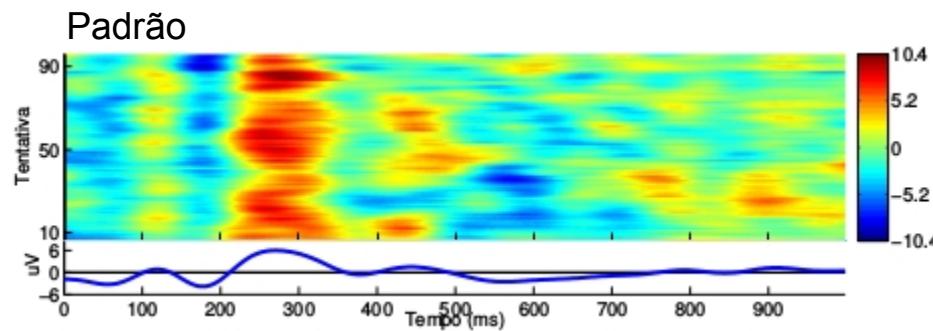
Tipo de sinal	Estímulo
Dessincronização da onda μ	Instrução Mover ou Relaxar a mão
P300 Visual P300 Auditivo	Padrão e Alvo
P300 Tátil	Padrão, Alvo e Desvio

Medidas com o Mitsar202A



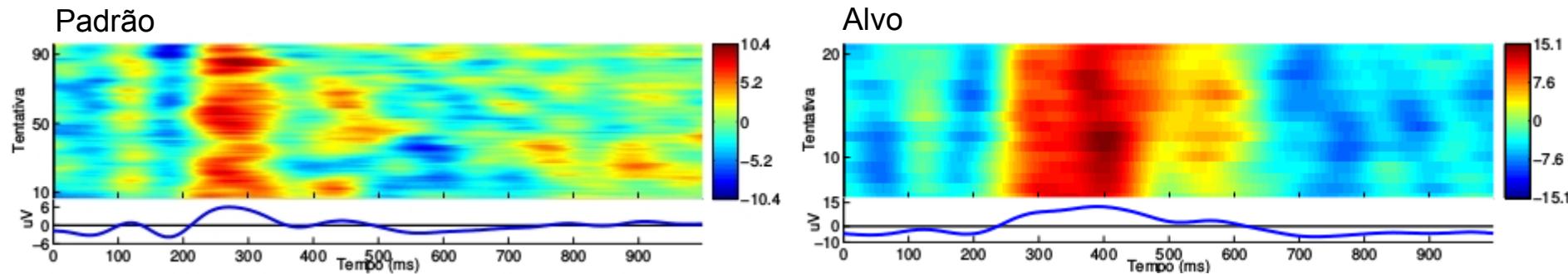
Resultados: Coletas com Mitsar202A

- P300 Visual: 5 sujeitos, 250 tentativas



Resultados: Coletas com Mitsar202A

- P300 Visual: 5 sujeitos, 250 tentativas



Resultado de classificação

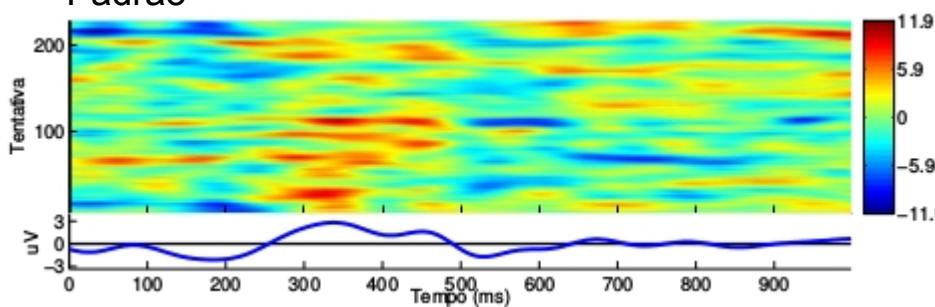
	Etapa	Precisão
Média	Treinamento	92.64
-	Validação	85.6

Precisão da etapa de treinamento é superior a obtida na etapa de validação

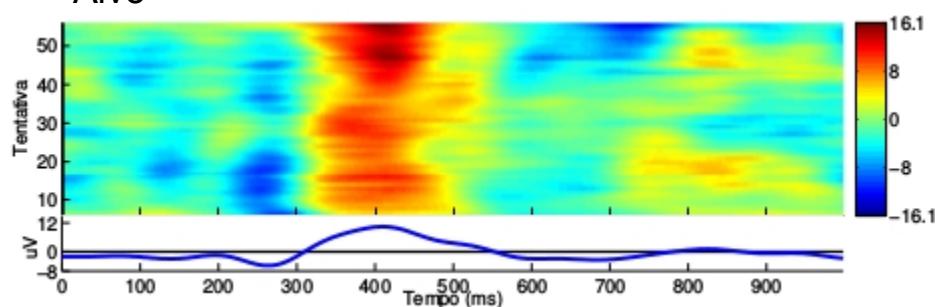
Resultados: Coletas com Mitsar202A

- P300 Auditivo: 4 sujeitos, 400 tentativas

Padrão

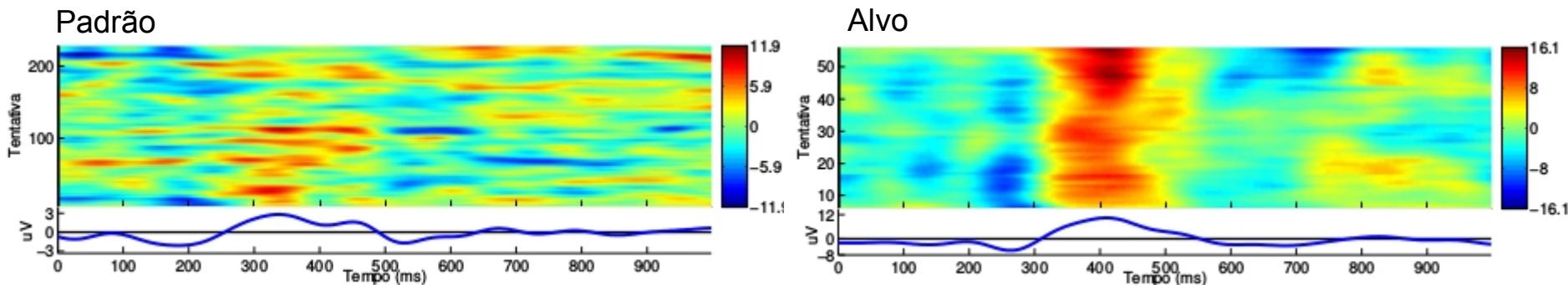


Alvo



Resultados: Coletas com Mitsar202A

- P300 Auditivo: 4 sujeitos, 400 tentativas



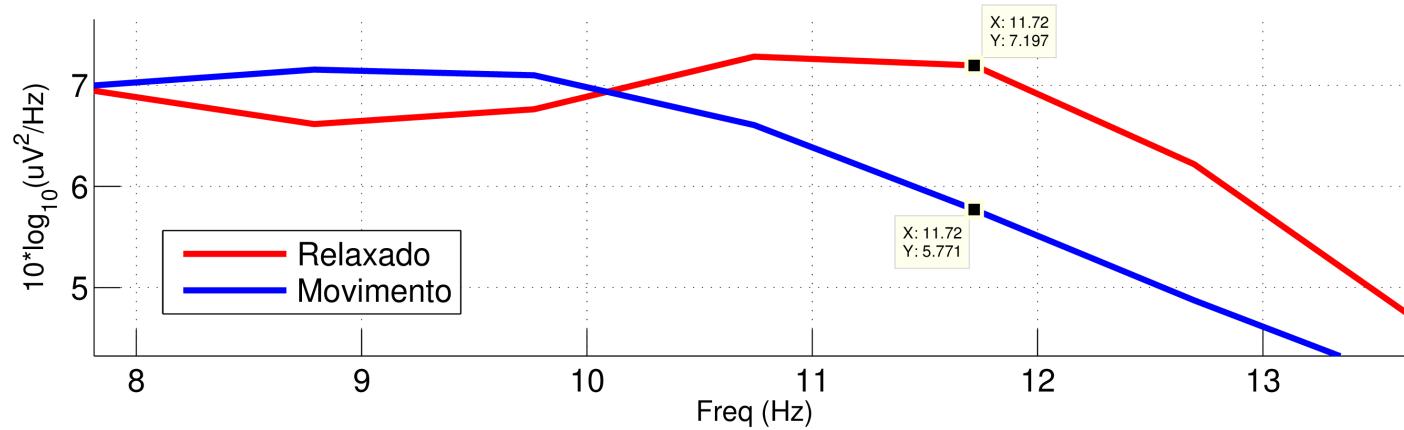
Resultado de classificação

	Etapa	Seletividade	Sensibilidade	Precisão
Média	Validação	40.61	33.50	76.25
Sujeito 8	Validação	15	14.28	65

Decréscimo significativo de Seletividade e Sensibilidade. Explicado pelo desempenho do sujeito 8, demonstrando a variação entre sujeitos

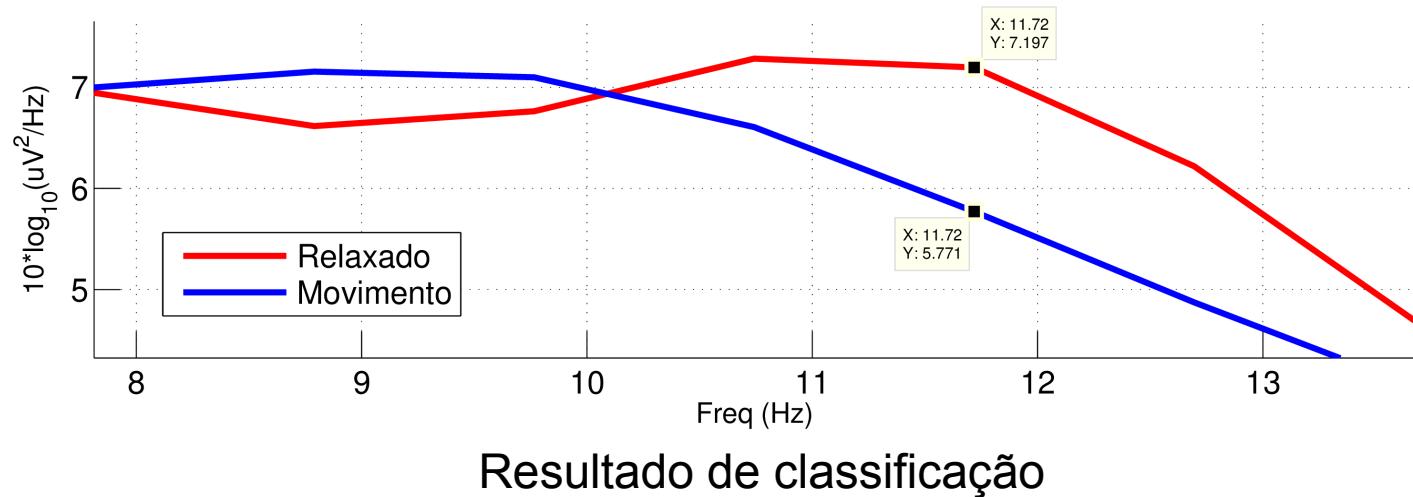
Resultados: Coletas com Mitsar202A

- Onda μ : 3 sujeitos, 60 tentativas



Resultados: Coletas com Mitsar202A

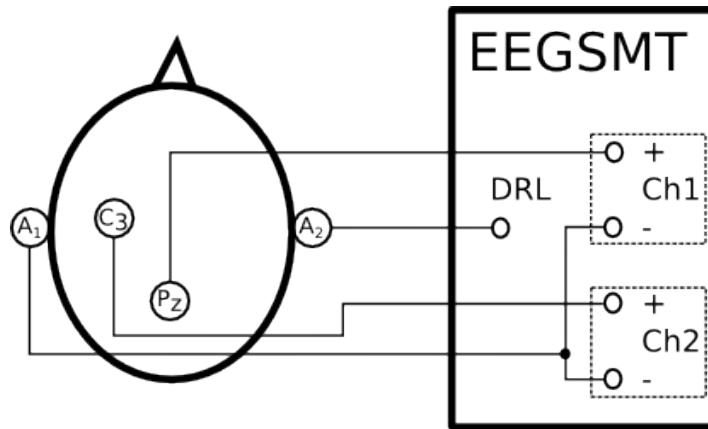
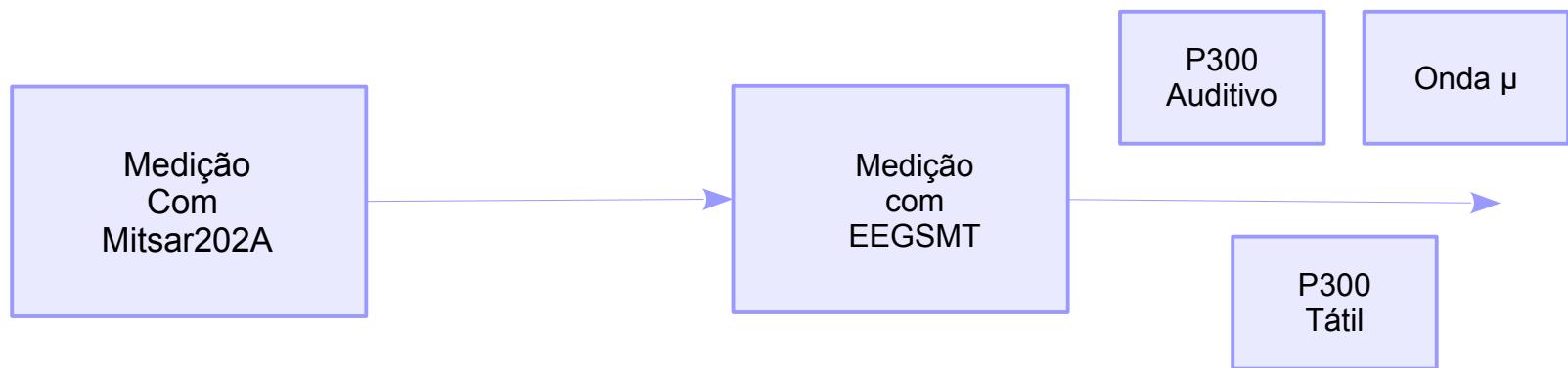
- Onda μ : 3 sujeitos, 60 tentativas



	Etapa	Precisão
Média	Validação	54.66

Precisão alcançada é próxima do caso aleatório. Possíveis explicações: sinal contaminado com artefatos, vetor de característica não adequado, classificação baseada em uma única época.

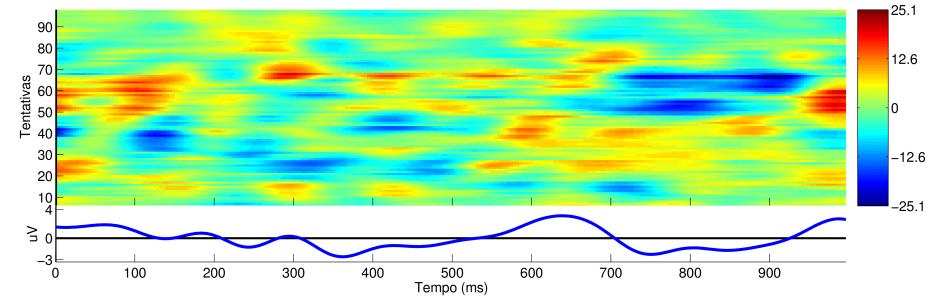
Medidas com o EEGSMT



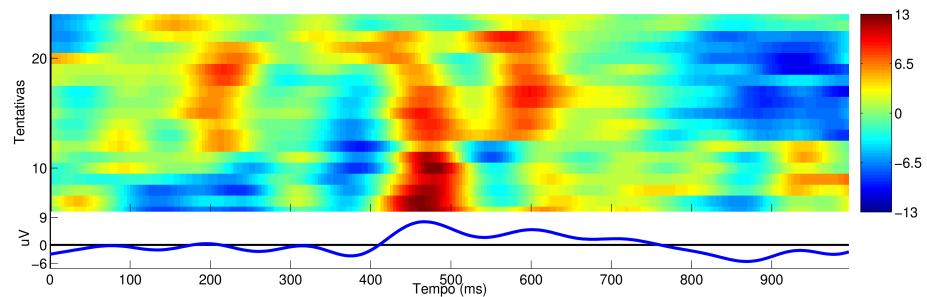
Resultados: Coletas com EEGSMT

- P300 Auditivo: 4 sujeitos, 300 tentativas

Padrão



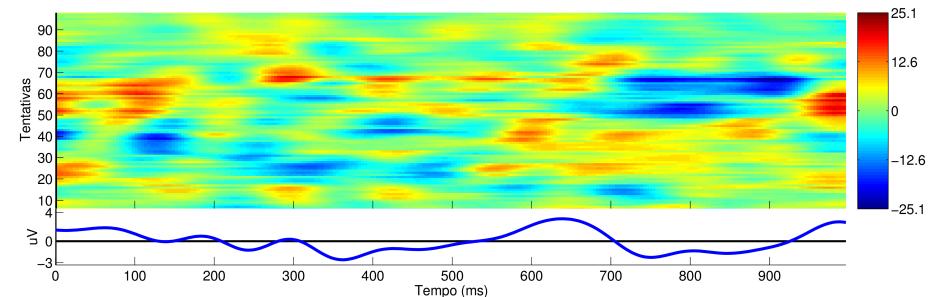
Alvo



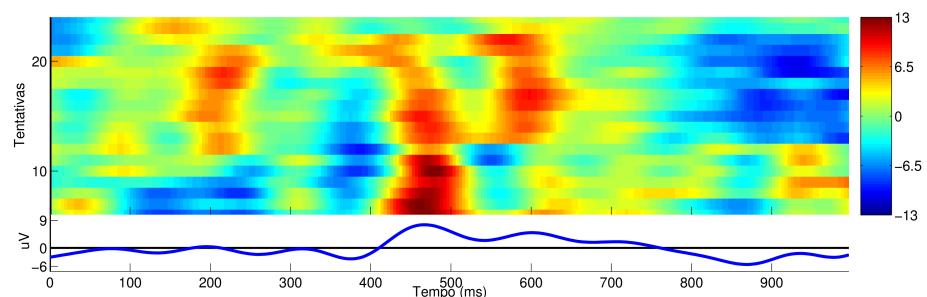
Resultados: Coletas com EEGSMT

- P300 Auditivo: 4 sujeitos, 300 tentativas

Padrão



Alvo



Resultado de classificação

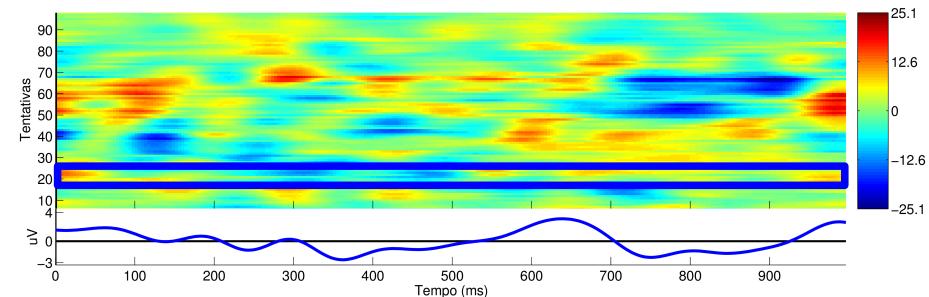
	Etapa	Seletividade	Sensitividade	Precisão
Média	Validação	22.08	26.09	67.64

Seletividade e Sensibilidade baixas. Explicações: classificação baseada em uma única época, contaminação por artefatos e qualidade inferior do hardware de aquisição.

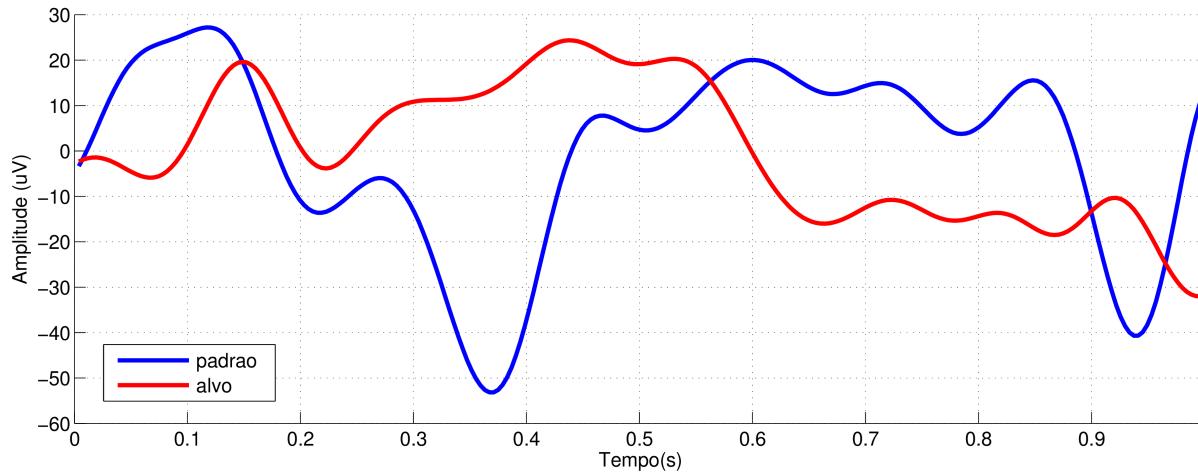
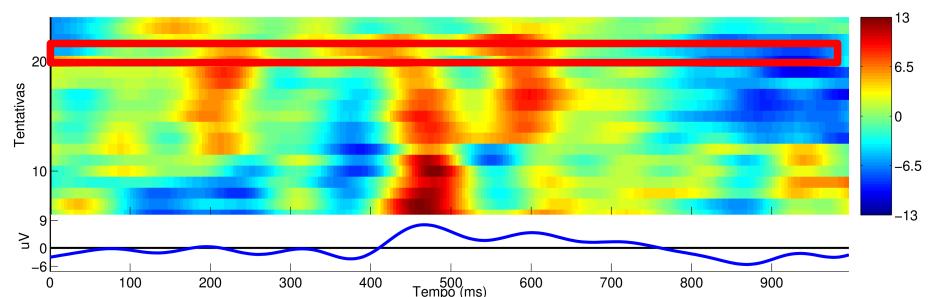
Resultados: Coletas com EEGSMT

- P300 Auditivo: 4 sujeitos, 300 tentativas

Padrão

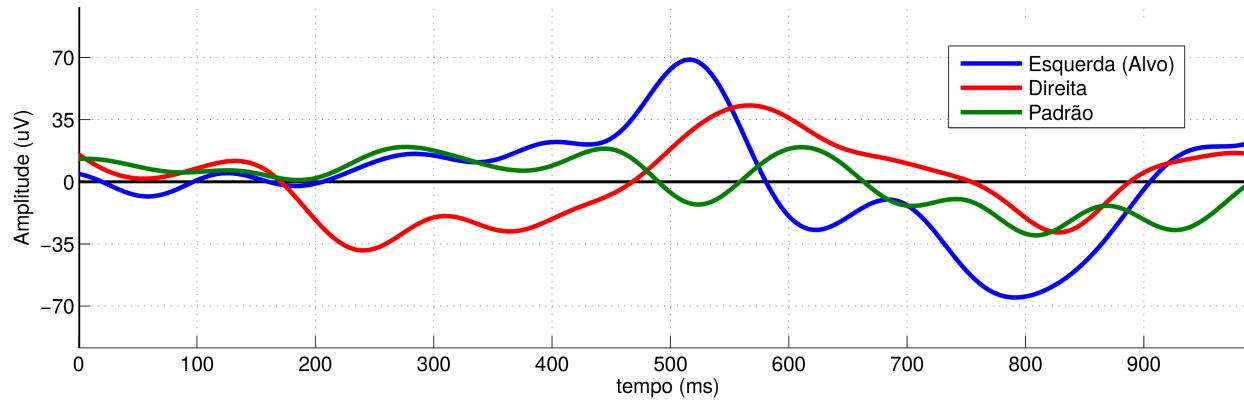


Alvo



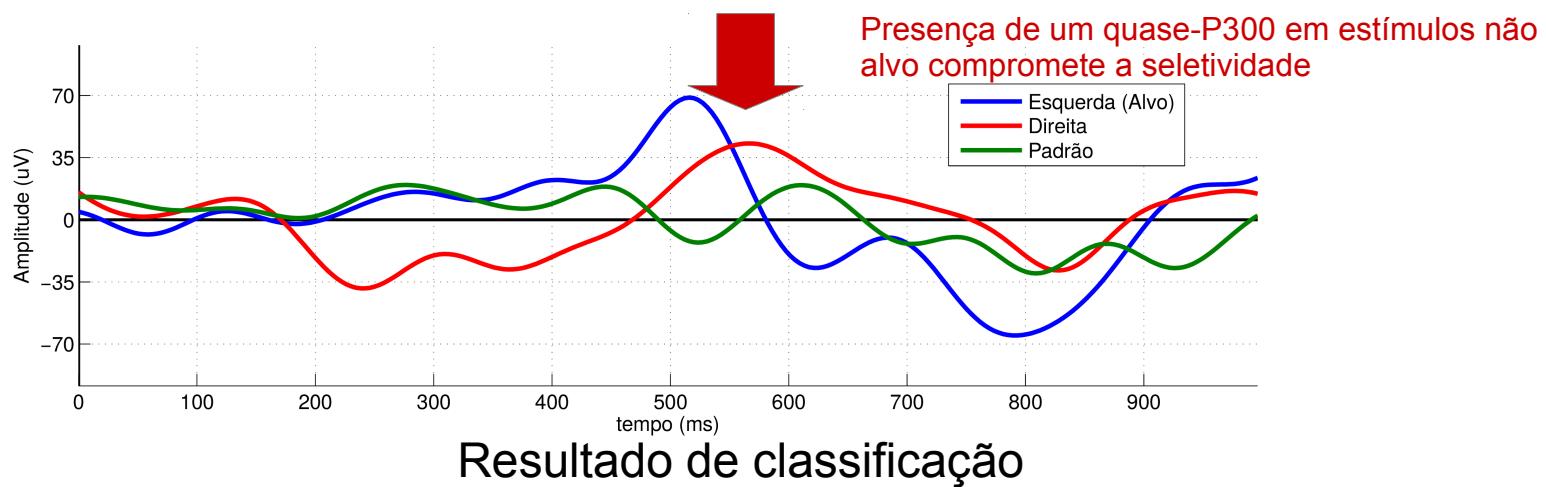
Resultados: Coletas com EEGSMT

- P300 Tátil: 4 sujeitos, 300 tentativas



Resultados: Coletas com EEGSMT

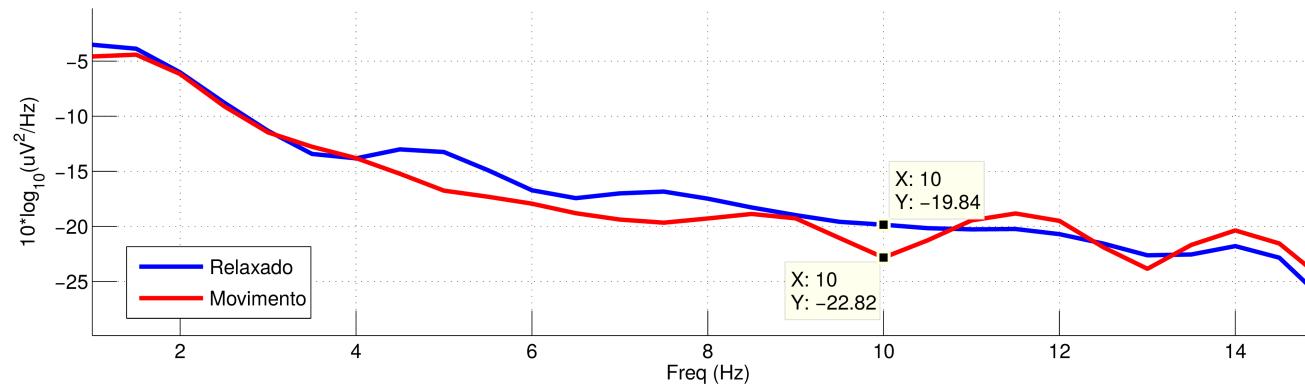
- P300 Tátil: 4 sujeitos, 300 tentativas



	Etapa	Seletividade	Sensibilidade	Precisão
Média	Validação	31.97	35.25	61.79

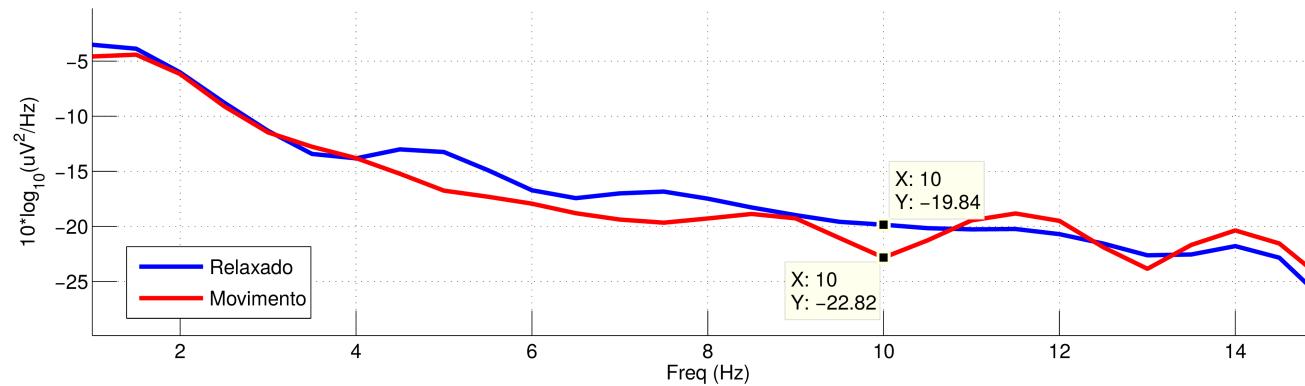
Resultados: Coletas com EEGSMT

- Onda μ : 4 sujeitos, 60 tentativas



Resultados: Coletas com EEGSMT

- Onda μ : 4 sujeitos, 60 tentativas



Resultado de classificação

	Etapa	Precisão
Média	Validação	52.58

Novamente, precisão alcançada é próxima ao caso aleatório.

Conclusão

- Foi projetado e implementado um sistema de interface cérebro máquina baseada em P300 e dessincronização da onda μ .
- Ao total, foram medidos os sinais EEG de 14 participantes para 4 protocolos de estímulos diferentes.
- Os resultados de classificação do P300 com dados coletados a partir do Mitsar202A foram satisfatórios: >85 % para P300 visual e >75% para P300 auditivo.
- A classificação dos P300 medidos com o EEGSMT mostrou-se ineficiente, com taxas de seletividade e sensibilidade baixas. <40% para estímulos auditivos e táteis.
- Classificação de ondas μ , com dados coletados com os dois amplificadores, atingiu precisões próximas de 50 %, mostrando que um pré-processamento mais robusto do sinal é necessário.
- Uma forma de elevar as precisões seria utilizar uma abordagem de classificação baseada em média de épocas (P300) e implementar rotinas de remoção de artefatos
- A principal contribuição deste trabalho está na experiência prática adquirida a respeito do projeto e implementação de sistemas de interfaces cérebro máquina.

Perspectivas futuras

- Utilização de um algoritmo de pré-processamento mais robusto tanto para detecção de P300 quanto dessincronização de onda μ
- Implementação de um algoritmo de remoção de artefatos
- Implementação das rotinas de processamento de sinal fora do Matlab
- Testes com uma população maior
- Testes com outros algoritmos de classificação
- Implementação da aplicação para o sistema BCI

Obrigado

<https://bitbucket.org/rafaelmd/tcc.git>