

Atividade Prática 1 – Análise de Eletroencefalogramas

Objetivos

- Familiarização com um *dataset* público contendo sinais de eletroencefalografia para múltiplos usuários, eletrodos, frequências de estimulação visual e sessões de gravação.
- Análise das características dos EEGs nos domínios do tempo e da frequência em diferentes configurações.

Cenário abordado: BCI-SSVEP

Nesta atividade, vamos trabalhar com eletroencefalogramas (EEGs) capturados enquanto algumas pessoas eram expostas a estímulos visuais que piscavam com frequências específicas.

A partir de estudos em neurociência, sabe-se que quando um indivíduo concentra sua atenção em um determinado estímulo visual (e.g., um padrão em xadrez piscando com uma dada frequência em uma tela de computador), tende a ocorrer uma sincronização da atividade elétrica cerebral com a frequência do estímulo, especialmente dos neurônios situados na região occipital do córtex (parte posterior do crânio), onde acontece boa parte do processamento visual. Consequentemente, ocorre um aumento de energia em torno da frequência correspondente àquele estímulo visual, assim como em suas harmônicas e sub-harmônicas.

Sendo assim, seria possível detectar os estímulos escolhidos pelo usuário por meio da classificação dos EEGs. Esta perspectiva é explorada pelas interfaces cérebro-computador (BCIs, do inglês *brain-computer interfaces*) que exploram o paradigma baseado em potenciais visualmente evocados em regime estacionário (SSVEP, do inglês *steady-state visually evoked potentials*) [Wolpaw et al., 2002].

Base de dados

Vamos explorar uma base de dados pública desenvolvida por um grupo de pesquisa da Universidade de Tsinghua, China, a qual é chamada de *Benchmark Dataset* e está disponível em <https://bci.med.tsinghua.edu.cn/download.html>.

Os arquivos que contêm os EEGs referentes a cada usuário estão no formato *.mat* e incluem os sinais derivados de 64 eletrodos identificados conforme indicado no arquivo *64-channels.loc*. O posicionamento e os nomes dos eletrodos empregados na base seguem o padrão internacional 10-10, conforme ilustrado na Figura 1.

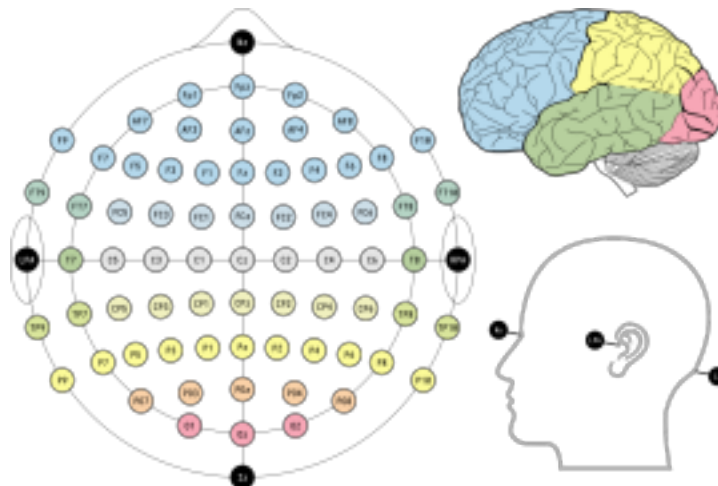


Figura 1: Padrão 10-10 de disposição dos eletrodos. As cores refletem as regiões do córtex em que cada eletrodo está situado.

Atividades

- Descreva as principais características da base de dados (e.g., número de usuários, quantidade de sessões (*trials*) etc.), bem como aspectos do protocolo experimental e da organização dos dados. Para isso, consulte [Wang et al., 2017] e os arquivos de informação indicados no [Readme.txt](#).

(b) Considerando um usuário com experiência de uso de BCIs (S01 a S08), uma frequência de estímulo e uma sessão de sua escolha, mostre os EEGs relacionados a três eletrodos diferentes – sendo pelo menos um deles da região occipital –, considerando as seguintes visualizações:

- Sinal no tempo;
- Magnitude da transformada discreta de Fourier do EEG;
- Densidade espectral de potência (PSD, do inglês *power spectral density*) do EEG obtida via periodograma de Welch;
- Espectrograma do EEG.

Discuta se a evocação está bem evidente ou não, além de avaliar se as frequências em que acontecem os picos espectrais estão relacionadas à frequência do estímulo.

(c) Faça, agora, uma análise comparativa entre os EEGs de um mesmo usuário, para um único eletrodo da região occipital e para uma única sessão, mas para diferentes frequências de estímulo.

(d) Analise brevemente o impacto de uma mudança de sessão (*trial*) sobre as características dos EEGs para um determinado conjunto pessoa-frequência-eletrodo.

(e) Por fim, considerando apenas um eletrodo da região occipital, discuta as diferenças entre os perfis dos EEGs de pessoas diferentes. Para garantir maior diversidade na análise, selecione como segundo usuário alguém sem experiência prévia com BCIs (S09 a S35).

Observações:

- Em todos os itens, desconsidere da análise a faixa de frequências abaixo de 3 Hz. Para isso, sugerimos pré-filtrar os sinais de EEG com um filtro passa-altas para eliminar a faixa em que não temos interesse.
- Há funções já implementadas em Python (consulte as bibliotecas `scipy.io` e `scipy.signal`) e em Matlab para carregar os dados e gerar as representações solicitadas no domínio da frequência.

Referências

- [Wang et al., 2017] Y. Wang, X. Chen, X. Gao, S. Gao, “A Benchmark Dataset for SSVEP-Based Brain–Computer Interfaces”, *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 25, no. 10, pp. 1746-1752, 2017.
- [Wolpaw et al., 2002] J. R. Wolpaw, N. Birbaumer, D. J. McFarland, G. Pfurtscheller, T. M. Vaughan, “Brain-computer interfaces for communication and control”, *Clinical Neurophysiology*, vol. 113, no. 6, pp. 767–791, 2002.