

**DEI-FCTUC**

**COMPUTAÇÃO ADAPTATIVA**

**(COMPUTAÇÃO NEURONAL E DIFUSA)**

**2009-10**

**Trabalho prático nº 3**

A epilepsia é a doença neurológica mais frequente, atingindo cerca de 1% da população (em Portugal cerca de 100 000 pessoas). No actual estado do conhecimento médico cerca de 30% dos epilépticos são intratáveis seja por cirurgia, seja por medicação. Estes estão sujeitos ao aparecimento de uma crise epiléptica, em qualquer altura, em qualquer lugar, “*like a bolt from the sky*”. Uma crise, que pode demorar alguns segundos ou minutos, afecta seriamente as capacidades motoras, perceptivas, de linguagem, de memória e da consciência, diminuindo seriamente (por não se saber quando aparece) as capacidades profissionais e sociais do paciente.

A possibilidade de previsão de uma crise, com base em informação de sinais cerebrais, principalmente de EEG (ElectroEncefaloGramma), é um tema de investigação actual e um grande desafio científico e tecnológico. Se for possível desenvolver um dispositivo neuro-informático que preveja o aproximar de uma crise, o paciente poderá tomar as medidas necessárias para salvaguardar a sua privacidade e segurança. Será uma melhoria fundamental na sua qualidade de vida.

Um electroencefalograma é um conjunto de sinais eléctricos (até 64, usualmente), na ordem dos milivolt, captados por eléctrodos introduzidos por cirurgia na zona focal epiléptica ou colados à superfície da pele. Na figura seguinte pode ver-se um exemplo.

Nos sinais do EEG, resultantes da actividade cerebral (neuronal), está embebida muita informação neurológica. Para prever uma crise é necessário desenvolver métodos de análise do sinal que sejam capazes de assinalar a emergência de uma zona pré-ictal.

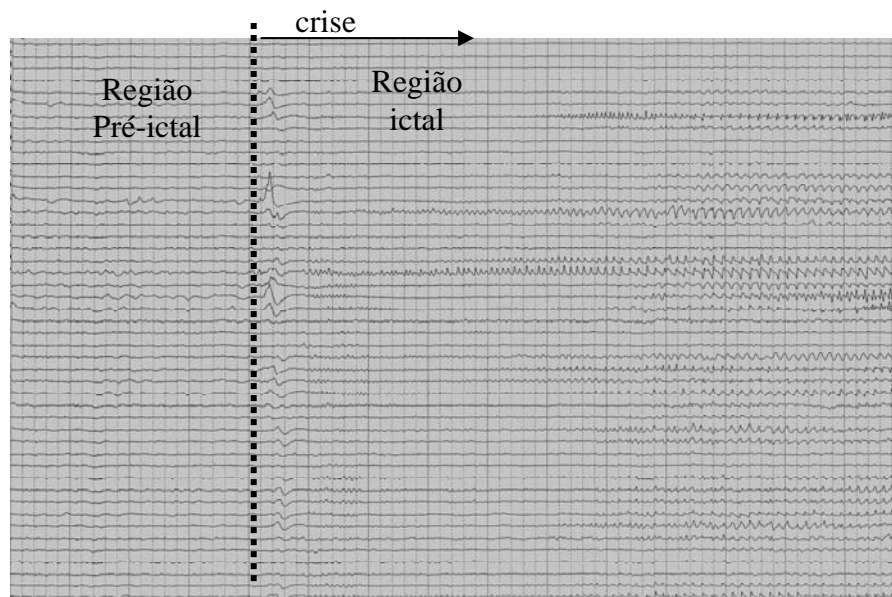


Figura 1. Electroencefalograma (EEG) com uma crise epiléptica (47 canais).

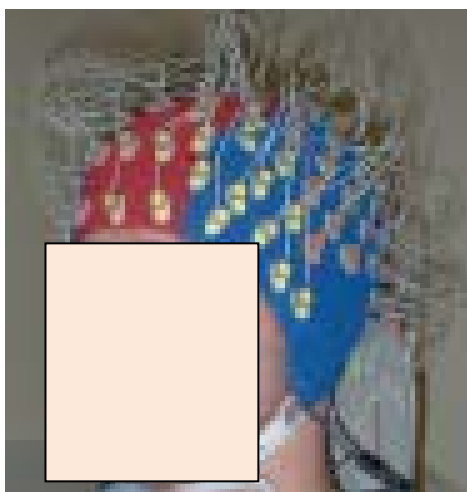


Figura 2. Colocação de um conjunto de eléctrodos no couro cabeludo para extracção do EEG. Cada eléctrodo alimenta um canal do EEG.

Trata-se essencialmente de um problema de classificação: definem-se quatro classes e depois afecta-se cada instante a uma delas. Segue-se a seguinte classificação:

- 1- **inter-ictal**, estado normal (saída da rede 1 0 0 0)
- 2- **pré-ictal**, aproxima-se uma crise (saída da rede 0 1 0 0)
- 3- **ictal**, está a decorrer uma crise (saída da rede 0 0 1 0)
- 4- **pós-ictal**, acabou a crise e vai passar ao estado normal. (saída da rede 0 0 0 1)

A grande questão está em encontrar um bom conjunto de características (*features*) para essa classificação. A medida da qualidade do classificador é feita pela sensibilidade (quantas crises verdadeiras previu) e pela especificidade (quantas falsas crises previu). Uma grande sensibilidade e uma grande especificidade são os requisitos necessários para o uso clínico.

A sensibilidade é definida por

$$S = \text{Sensibilidade} = \frac{\text{Positivos\_verdadeiros}}{\text{Positivos\_verdadeiros} + \text{Falsos\_negativos}} = \frac{PV}{PV + NF}$$

E a especificidade por

$$E = \text{Especificidade} = \frac{\text{Negativos\_verdadeiros}}{\text{Negativos\_verdadeiros} + \text{Falsos\_positivos}} = \frac{NV}{NV + PF}$$

Nos últimos anos têm sido propostos várias técnicas para resolver o problema: baseadas em análise da energia e da variação da energia do sinal, em análise no domínio da frequência e do tempo (Fourier, *wavelets*, etc), em teoria dos sistemas não-lineares (coeficientes de Lyapounov, dimensão de correlação embebida, etc.). Não interessa aqui saber os detalhes dessas técnicas. No entanto os progressos têm sido muito modestos.

Num trabalho em curso no DEI-CISUC, em colaboração com os HUC, e no quadro de um projecto Europeu, algumas dessas técnicas foram aplicadas a um conjunto de dados de 4 pacientes. A extracção destas características foi feita no CISUC pelo Engº Biomédico Bruno Direito e pelo Investigador Auxiliar Doutor César Teixeira (agradece-se aqui a sua colaboração na disponibilização destes dados para este trabalho prático).

A cada grupo serão entregues dois ficheiros relativos a dois doentes, conforme indicado na Tabela 1. São lançados os seguintes desafios a cada grupo:

- i) Seleccionar, de entre todas características fornecidas, um subconjunto o mais pequeno possível mas com a máxima capacidade de permitir separar os pontos nas 4 classes. Podem considerar todas as características, mas devem procurar um mais pequeno que permita obter bons resultados.

ii) Construir e treinar uma rede neuronal que tenha o maior sucesso na previsão das crises. Para que uma rede possa prever as crises tem que ser capaz de identificar a fase pre-ictal logo que ela começa.

iii) Cada rede deve ser aplicada:

- i. A cada doente treinada para um dos ficheiros do doente. Depois de treinada,
  - testada no outro ficheiro do mesmo doente,
  - testada nos ficheiros do outro doente.

Cada grupo tem total liberdade de escolha da sua rede neuronal, seja uma arquitectura estudada nas aulas, seja uma outra qualquer (de facto apenas estudamos uma parte das arquitecturas possíveis, que são muitas).

A camada de saída dever ter quatro neurónios, um para cada uma das quatro classes.

Na apresentação dos resultados, no relatório, deve ser especificada em detalhe cada rede usada: número de camadas, neurónios por camada, funções de activação em cada camada.

Tabela 1. Distribuição dos doentes pelos grupos.

Grupo	Pacientes
1	Pat30 e Pat35
2	Pat30 e Pat61
3	Pat30 e Pat66
4	Pat30 e Pat35
5	Pat61 e Pat 62
6	Pat61 e Pat66
7	Pat66 e Pat35
8	Pat35 e Pat61
9	Pat35 e Pat66
10	Pat30 e Pat35

Algumas notas:

- 1 – **Escolha da arquitectura** . Começar por uma rede multicamada com três camadas, cada uma delas de dimensão considerável (excepto a última). Usar também RBF.

Se pensarmos que o cérebro pode ser encarado como um sistema dinâmico, terá memória, e por isso será interessante estudar a possibilidade de introduzir atrasos em algumas características, ou em algumas camadas. Pode para isso usar-se a Focused Time-Delay Neural Network criada com *newfftd*, que introduz uma linha de atrasos nas entradas. A Distributed Time-Delay Neural Network , criada com *newtdnn*, introduz uma linha de atrasos em cada camada. Existe ainda a Layer-Recurrent Network (criada com *newlrn*), que retroenvia a saída de uma camada para a entrada, com um atraso. Todas estas arquitecturas estão acessíveis no ***nntool*** bem como algoritmos de treino adequados.

- 2 -**Interface com o utilizador**. Para fazer o estudo, pode-se usar o interface ***nntool*** na linha de comando do matlab.

A aplicação final a desenvolver por cada grupo deve ter um interface para:

- escolha da rede a treinar e testar
- selecção do conjunto de dados (de treino e de teste),
- apresentação dos resultados quer no caso de treino quer no caso de teste, com o resultado do cálculo da sensibilidade e especificidade no próprio interface.

Para construir o interface podem usar o *guide*. O *guide* permite desenvolver rápida e facilmente um interface com o utilizador. Recomenda-se esta alternativa porque permite conhecer esta ferramenta muito útil. Para abrir o *guide* escreve-se na linha de comando > *guide*. Podem estudar o *guide* no manual *online*.

- 3- **Construção dos conjuntos de treino e de teste**. Há uma regra empírica que diz que se devem usar 70% de dados no treino e os restantes no teste. Como são fornecidos pelo menos dois ficheiros por doente, pode-se escolher um para treino e o outro para teste. Quanto a algoritmos de treino, a Neural Network Toolbox tem vários para cada arquitectura que podem ser usados e comparados. Como os ficheiros de dados

têm uma dimensão considerável, os algoritmos recursivos é provavelmente os mais adequados.

**4- Características fornecidas na estrutura .mat.** Foram calculadas as seguintes características para cada canal:

- Energia (quadrado do sinal) média durante uma janela temporal de 300s (*long time window energy*)
- Energia média durante uma janela temporal de 15 s sobreposta no fim da janela maior (2 características por canal).
- Energia dos coeficientes das *wavelets* de Daubechis de ordem 4 (extrai do sinal informação de frequência e temporal), também em duas janelas longa e curta (8 características por canal).

Teremos assim 10 características por canal (e 32 canais) que são registadas de 5 em 5 segundos e introduzidas na estrutura.

À partida é inviável usar  $10 \times 32 = 320$  características. Pode-se tentar dois canais (por exemplo os de maior energia) e depois aumentar este número se isso melhorar o desempenho. O canal 32 é interessante porque é o Electrocardiograma, e permite relacionar eventualmente o sinal cardíaco com as crises.

Cada ficheiro contém um certo número de crises. As crises são assinaladas na estrutura (início e fim). O período pré-ictal inicia-se 5 minutos antes do início da crise e o pós-ictal vai até 5 minutos depois de terminada a crise.

Os resultados devem indicar a sensibilidade (quantas crises reais bem classificadas e quantas mal) e a especificidade (quantas falsas crises previstas) obtidas.

Numa abordagem inicial, deve classificar ponto a ponto, isto é, cada ponto deve ser associado a uma das 4 classes. Os erros são calculados ponto a ponto.

Numa segunda abordagem podem considerar a seguinte hipótese: só se prevê uma crise se houver por exemplo 100 pontos consecutivos na classe 2 (pré-ictal). Se houver um pequeno número de pontos da classe 2 isolados, pode-se eliminar como crise; serão devidos a outros factores.

Será campeão o grupo que apresentar melhores resultados. Se um grupo quiser testar em mais de dois pacientes, poderá fazê-lo.

Os ficheiros fornecidos contêm dados recolhidos por 31 canais de EEG e 1 canal de ECG (Electrocardiograma). São de 4 doentes, e os ficheiros respectivos estão indicados na tabela seguinte

Paciente	Ficheiros para Treino	Ficheiros para teste
Pat30	EEG1704+EEG1705 juntos têm 4 crises	EEG1676+EEG1677+EEG1678,(3 crises)
Pat61	EEG3939 (duas crises)	EEG3938 (uma crise)
Pat66	EEG4435 (uma crise)	EEG4436 (uma crise)
Pat35	EEG1959 (3 crises)	EEG1958 (2 crises)

As características são calculadas para o conjunto dos ficheiros em cada célula da tabela. No entanto para o cálculo de T (Target) terão que aceder a cada um dos ficheiros para localizarem as crises no tempo.

Se tiverem dificuldades com a estrutura de dados, contactem

Bruno Miguel [bmleitao@dei.uc.pt](mailto:bmleitao@dei.uc.pt)  
César Teixeira [cteixeir@dei.uc.pt](mailto:cteixeir@dei.uc.pt)

no Laboratório D6.3.

Junto está uma nota técnica sobre a estrutura de dados.

Bom trabalho. 6 Outubro 2009