

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE PADRÕES NEURONAIS UTILIZANDO REDES NEURAIS PARA CONTROLE DE BRAÇO ROBÓTICO

Raphael Silva do Rosário¹; Fabiana Cristina Bertoni²

1. Bolsista Fapesb, Graduando em Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: phaoso@gmail.com

2. Departamento de Exatas, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: fcbertoni@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Eletroencefalograma, Redes Neurais Artificiais, Reconhecimento de padrões.

INTRODUÇÃO

A Robótica tem como idéia básica a integração sinérgica da mecânica, eletrônica e computação, para produção de máquinas e sistemas que possam atuar automaticamente em diversas áreas de forma eficiente (Newton, 2002). Uma importante aplicação de robótica é a substituição do homem em tarefas que podem comprometer a sua integridade física, como na inspeção e reconhecimento de locais não-convencionais, dutos de gás, represas, e ambientes marinhos, por exemplo.

Robôs de busca e inspeção geralmente atuam em locais perigosos e/ou de difícil acesso, que requerem capacidade de ultrapassar obstáculos e manipular objetos. Uma alternativa de melhor controle desses robôs ou dispositivos robóticos é uma *Interface Computador-Cérebro* (ICC), que tem como objetivo principal transformar decisões e reações neuronais em mensagens ao mundo exterior. Com este intuito, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de reconhecimento e classificação de sinais eletroencefalográficos (EEG) relacionados à intenção de movimento das mãos para controle de um braço robótico. Sinais EEG são gerados a partir da atividade neuronal do córtex cerebral, que através de eletrodos podem ser captados e, após um processamento, ser feita uma análise das características da forma de onda para reconhecimento e classificação dos sinais.

As Redes Neurais Artificiais (RNA), método a ser utilizado no desenvolvimento deste trabalho, são “máquinas” projetadas para modelar a maneira como o cérebro realiza tarefas e armazena conhecimento experimental (Haykin, 1999). As RNA têm como principais características a adaptação e a aprendizagem, as quais permitem generalizar conhecimento a partir de exemplos, e uma estrutura regular com processamento altamente paralelo, que possibilitam sua aplicação no reconhecimento e classificação de sinais com uma grande variabilidade de frequências e amplitudes, como no caso dos sinais EEG.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na primeira etapa do desenvolvimento do projeto foi realizada a análise das características dos sinais EEG obtidos de um banco de dados disponível online. Trata-se de um banco de dados internacional de sinais EEG, fornecido pelo Departamento de Informática Médica do Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade de Graz, na Áustria, o qual está disponível em: <http://www.bbc.de/competition/ii>. Este banco de dados contém 140 gravações de sinais EEG relacionados à intenção de movimento da mão direita e esquerda. O sinal de EEG possui uma faixa de frequências que se estende de 0.1Hz a 100 Hz. Essa faixa de frequências, chamada de ritmo, está dividida em grupos (delta, teta, alfa, beta e mu) como mostra a tabela abaixo.

Tabela 1: Bandas de frequência por ritmo

Ritmo	Frequência(Hz)
Delta(δ)	0.1 a 4
Teta(θ)	4 a 8
Alfa(α)	8 a 13
Mu(μ)	10 a 12
Beta(β)	14 a 30

O EEG registra principalmente as correntes extracelulares que surgem como consequência da atividade sináptica nos dendritos de neurônios trabalhando no córtex cerebral. Normalmente, quando estes neurônios estão inativos eles emitem sinais no mesmo ritmo de forma sincronizada, resultando num sinal total de grande amplitude. Quando ativo, o conjunto de neurônios perde a sincronia de forma que o sinal total diminui de amplitude. O decremento e aumento na amplitude de um dado ritmo são chamados de dessincronização e sincronização relacionada a evento (ERD e ERS), respectivamente (Benevides, 2007).

Através de um método desenvolvido por Pfurtscheller e Lopes da Silva (1999) é possível verificar a existência dos ERD/ERS. O método consiste na análise da variação de amplitude do sinal, a qual é obtida pela média das amostras de energia do conjunto das gravações dos EEG.

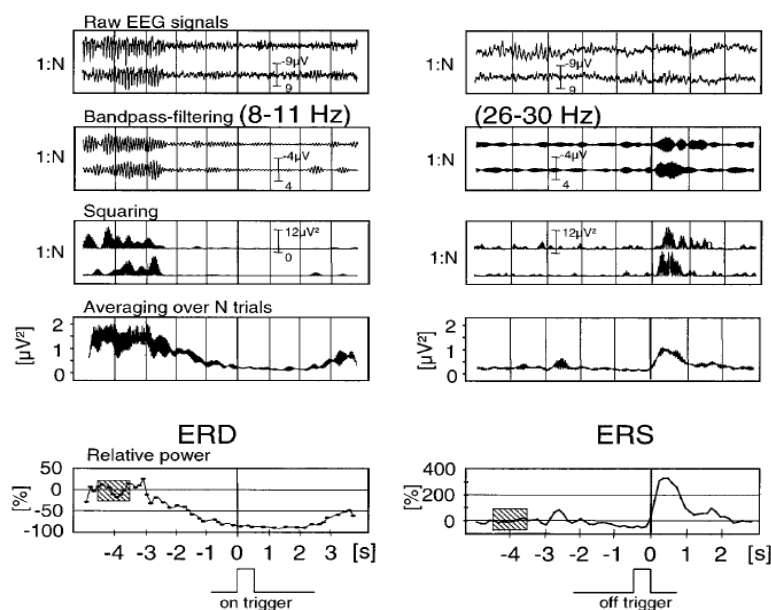


Figura 1: Procedimento de medida dos ERD/ERS[6].

A comprovação da validade dos sinais, através da aplicação do método apresentado em (Pfurtscheller & Lopes, 1999), permitiu o início das fases de processamento dos sinais e extração de características. Para o condicionamento do sinal foi feita a filtragem na frequência μ , referente às funções motoras, e na extração das características foi aplicada a Transformada *Wavelet*. A Transformada *Wavelet* é uma operação matemática que divide o sinal de entrada em um grupo de versões escaladas e deslocadas de uma forma de onda original, chamada

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

wavelet mãe (Benevides, 2007). Este processo gera coeficientes que correlacionam a *wavelet* $\Psi(t)$ com o sinal $f(t)$. Tais coeficientes são calculados de acordo com a equação:

$$C(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \Psi_{a,b}(t) dt \quad (1)$$

$$\Psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (2)$$

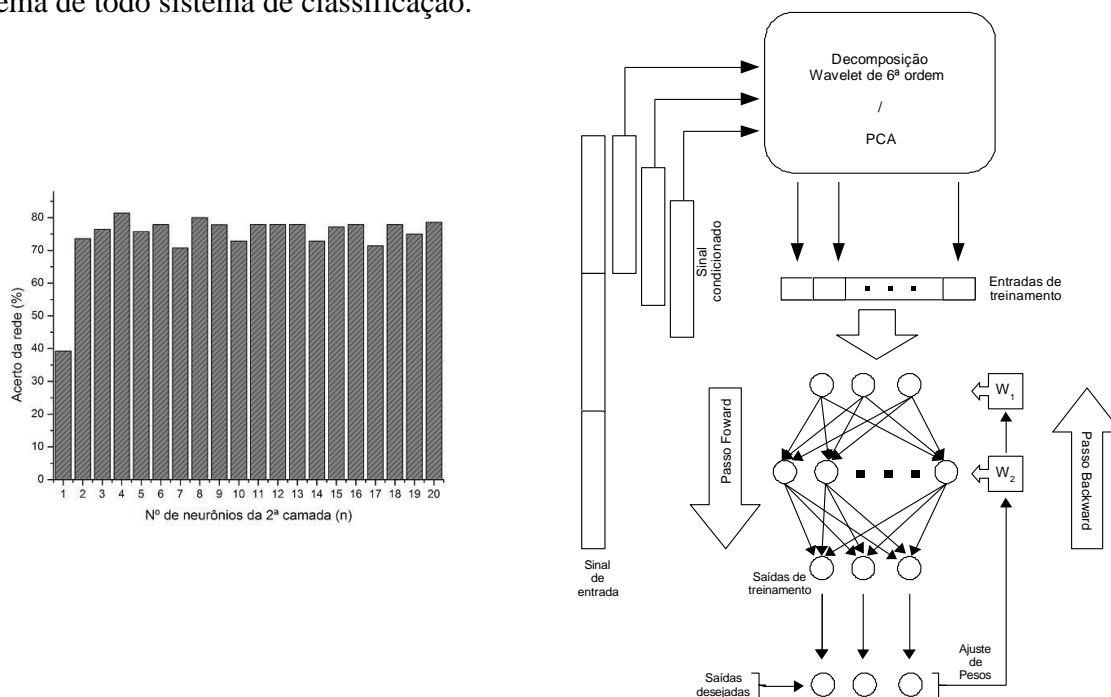
onde a e b representam a escala e a posição respectivamente.

O método de extração de características é baseado na decomposição via *wavelet* (WD) do sinal, que produz sub-bandas de aproximação (baixas frequências) e de detalhes (altas frequências) possibilitando o cálculo da entropia e das energias referentes às diferentes faixas de frequências do mesmo sinal.

Este processo permitiu a obtenção de um conjunto mais reduzido de dados (vetores de características) que representam os sinais EEG. Após o processamento e extração de características dos sinais, foi aplicada sobre eles uma Análise dos Componentes Principais (PCA).

Na segunda etapa, feita a análise de alguns modelos de RNA, optou-se por utilizar uma rede do tipo Perceptron Multicamadas (PMC), por possuir as funcionalidades e aplicabilidade adequadas aos objetivos do projeto. Uma rede neural Perceptron Multicamadas é uma rede não-recorrente, com no mínimo duas camadas de neurônios, que atua como um aproximador universal de funções, ou seja, este tipo de rede tem grande eficiência na classificação de padrões não-lineares, como no caso, os padrões neuronais (Azevedo, 2005).

A topologia da PMC desenvolvida foi composta de três camadas neurais, tendo a primeira um número de 3 neurônios, a segunda, inicialmente, 5 neurônios e terceira 3 neurônios. Em seguida, o conjunto de dados de sinais EEG foi dividido em duas partes: uma para treinamento, outra para testes. A rede neural foi, então, treinada e avaliada. Após verificar sua validade, iniciou-se um processo de ajuste, com o objetivo de verificar a melhor configuração da PMC no reconhecimento dos padrões de sinais EEG. Para tanto, o número de neurônios da segunda camada foi alterado, considerando uma variação de 1 a 20 neurônios, sendo que os neurônios desta camada capacitam a rede a aprender tarefas complexas extraindo as características mais significativas dos padrões de entrada (Haykin, 1999). A Figura 3 mostra o desempenho das diferentes topologias assumidas pelo PCM e a Figura 4 o esquema de todo sistema de classificação.



Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

Figura 2: Desempenho da rede na classificação dos sinais.

Figura 3: Estrutura geral do classificador.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O treinamento foi realizado com 1/3 da quantidade total dos 210 sinais obtidos, dentre os quais havia três tipos, um referente à intenção do movimento da mão esquerda, um da mão direita e um tipo de sinal de ruído que foi gerado por simulação.

Com base no gráfico apresentado na Figura 3, é possível observar que a melhor topologia possui quatro neurônios na segunda camada, pois apresentou 81,43% de acerto no total dos 140 sinais de entrada.

Feita a escolha da melhor topologia, iniciou-se a fase de testes. A seguir é apresentada a matriz confusão do resultado da melhor rede, onde é mostrado quanto do total de sinais de cada tipo foi reconhecido e quanto foi classificado em um tipo diferente.

REDE 3-4-3	MÃO DIREITA	MÃO ESQUERDA	RUÍDO	SAIDA INVÁLIDA
MÃO DIREITA	37	13	0	2
MÃO ESQUERDA	11	36	0	0
RUIDO	0	0	41	0

Pode-se notar através dos resultados obtidos que a maior dificuldade encontrada pela rede é na classificação dos sinais gerados na intenção de movimento das mãos, já que esta reconheceu 100% dos sinais de ruído. Esta confusão ocorre pela grande semelhança apresentada entre os sinais, mesmo após o processo de extração de características. A rede ainda apresentou 2 sinais referentes a mão direita como saídas inválidas.

Este trabalho propôs criação de um sistema de reconhecimento de sinais EEG referentes a intenção de movimento das mãos utilizando uma RNA. Após o estudo de técnicas de processamento de sinais, o estudo métodos de extração de características e modelos de RNA, conseguiu-se criar um sistema que apresenta uma eficiência superior a 80%. Esta eficiência é um resultado relativamente bom, quando comparado a outros resultados disponíveis na literatura, e já nos comprova a aplicabilidade de RNA na classificação dos padrões neuronais usados.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, A. P. 2005. *Estudo do Sinal Eléctroencefalográfico (EEG) Aplicado à Interfaces Cérebro Computador com uma Abordagem de Reconhecimento de Padrões*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo.
- BENEVIDES, A.B. 2007. *Classificação de padrões mentais via Redes Neurais Artificiais e transformada Wavelet*. Universidade Federal do Espírito Santo. Monografia.
- HAYKIN, S. 1999. *Redes Neurais – Princípios e prática*, Porto Alegre: Bookman
- NEWTON, C.B. 2002. *Robotics, Mechatronics, and Artificial Intelligence: Experimental Circuit Blocks for Designers*, Burlington: Newnes.

Anais do XIV Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS, Feira de Santana, 18 a 22 de outubro de 2010

PFURTSCHELLER, G. Data set: BCI - experiment. Disponível em <http://www.bbc.de/competition/ii>. Acesso em 14 jul. de 2010.

PFURTSCHELLER, G., LOPES DA SILVA, F.H. 1999. Event-Related EEG/MEG Synchronization and Desynchronization: Basic Principles” *Clinical Neurophysiology*, v. 110, p. 1842-1857.