Reconhecimento de Padrões de EEG Relacionados a Potenciais Evocados por Foto-Estimulação Intermitente

Mauricio Kugler[1], Ivana Naomi Mukai[2], Heitor S. Lopes[3], Valfredo Pilla Júnior[4]

[1,2,3,4]Laboratório de Bioinformática / CPGEI
[3,4]Departamento de Eletrônica,
Centro Federal de Educação Tecnológica Paraná – CEFET-PR
Av. 7 de setembro, 3165, Rebouças – Curitiba (PR) – Brasil – 80230-901
Fone: +55-41-310-4694
mauricio@kugler.com, ivana_nm@onda.com.br, hslopes@cpgei.cefetpr.br, valfredo@daeln.cefetpr.br

Resumo – Um teclado protético para uma Interface Cérebro-Computador (BCI – *Brain Computer Interface*) é um dispositivo que, através de padrões de sinais de eletroencefalograma (EEG) evocados por estímulos visuais específicos, é capaz de reconhecer símbolos ou comandos. Quando o usuário olha para um estímulo, um padrão associado de EEG é evocado. O objetivo deste projeto é desenvolver um sistema de condicionamento e aquisição, assim como a posterior identificação de diferentes padrões. O sistema usa uma matriz de LEDs como fonte de estímulos visuais e um sistema de aquisição de dados apropriado, os quais foram utilizados com dez voluntários em diferentes tarefas. Os dados adquiridos foram analizados de forma *offline* nos domínios do tempo e da freqüência, através de médias de FFT e de espectrogramas, usando o software MATLAB. Em oito dos dez voluntários o sistema obteve sucesso na identificação dos padrões. A análise do espectrograma mostrou ser possível a identificação de duas, quatro e até oito freqüência diferentes. Estes resultados incentivam o posterior desenvolvimento de um teclado protético funcional.

Palavras-chave: EEG, Potenciais Evocados, BCI, Foto-Estimulação Intermitente, Processamento de Sinais.

Abstract - A prosthetic keyboard for a Brain Computer Interface (BCI) is a device that uses patterns of the electroencephalographic (EEG) signal evoked by specific visual stimuli to recognize symbols or commands. When the user looks to a stimulus, an associated pattern on the EEG signal will be evoked. The objective of this project is to develop a system for signal conditioning and acquisition, as well as for further identification of different patterns. The system uses a LED matrix as the source of visual stimuli and an appropriate data acquisition system, which were used with ten volunteers in different tasks. Acquired data was analyzed offline in both, time and frequency domains with the mean FFTs and spectrogram, using the MATLAB platform. In eight out of ten volunteers the system succeeded to identify relevant patterns. The analysis of the spectrogram showed that it is possible to identify two, four and up to eight different patterns. These results encourage further development towards a functional prosthetic keyboard.

Key-words: EEG, Evoked Potentials, BCI, Intermittent Photo-Stimulation, Signal Processing.

Introdução

Atualmente, a qualidade de vida das pessoas é um assunto de vital importância. Para que isso seja possível, acessibilidade e comunicabilidade são assuntos de grande importância para deficientes físicos. Especialmente para aquelas pessoas as quais só resta o movimento dos olhos para a sua interação com meio, é essencial o desenvolvimento de dispositivos especiais que usem esta característica como forma de interação.

Estes dispositivos são conhecidos como BCI (*Brain Computer Interface* - Interface Cérebro-Computador) (Pfurtscheller, 1996). Ao longo dos últimos anos, muitos métodos para sistemas BCI funcionais foram propostos. O monitoramento direto da posição do globo ocular é o método mais direto para se identificar a intenção da pessoa ao se comunicar. Porém, este método tem pouca precisão e exige grandes recursos computacionais. Neste trabalho, outra técnica é descrita, baseada no uso de sinais eletroencefalográficos adquiridos na região occipital do escalpo (sobre o córtex visual). Este método possui uma boa precisão e permite uma grande quantidade de símbolos, além de ser robusto e prático para o usuário.

O objetivo final deste trabalho é a implementação de um teclado protético, conectado a um computador, o qual possibilita a comunicação entre o usuário e o mundo a sua volta. Um teclado protético é um gerador de estímulos, no qual cada estímulo está associado a

um símbolo diferente. O usuário olha para um símbolo (tecla) que ele deseja ativar e o estímulo provoca um potencial evocado no sinal de EEG. Uma vez adquirido e processado digitalmente, o padrão associado ao estímulo pode ser reconhecido como o símbolo ou comando desejado.

Metodologia

Basicamente, quarto módulos compõe uma um sistema BCI: estimulação, aquisição e pré-processamento, reconhecimento de padrões e controle (Pilla Junior, 2000). Neste trabalho, um protocolo de aquisição de sinais foi utilizado para os três primeiros procedimentos:

• Estimulação: consiste na geração de estímulos visuais que produzam sinais elétricos específicos no córtex visual do cérebro, relacionados a esta estimulação. Neste projeto, uma foto-estimulação intermitente foi usada, inspirando-se no trabalho descrito por Sutter (Sutter, 1992). Nesta implementação, o principal parâmetro a ser variado é a freqüência de intermitência. Duas matrizes de 8x8 LEDs foram construídas, cada uma dividida em quatro quadrantes que podem ser acionados individualmente por software.

• Aquisição de Dados e Pré-Processamento: o sistema de aquisição de dados utilizado é composto de um amplificador de sinais com filtros, uma placa digital de aquisição de sinais de 10bits, 16 canais, modelo AT-MIO-16E10 (National Instruments) e um software de aquisição baseado em Windows para sincronização e gerenciamento, desenvolvido em linguagem C. Os eletrodos no escalpo do voluntário foram posicionados de acordo com o sistema 10-20 recomendado pela Federação Internacional de EEG (Clark Jr, 1998). Os terminais dos eletrodos foram posicionados na região occipital do escalpo: o primeiro sobre o ponto O2 e o segundo na linha central entre O1 e O2. O amplificador possui ganho de 100000 e tem banda limitada entre 8Hz e 18Hz. Para se aumentar a relação sinal-ruído, o sinal foi pré-mediado sobre 20 aquisições.

• Análise: Após a aquisição do sinal, a análise foi realizada de forma *offline* utilizando-se técnicas de processamento digital de sinais implementadas num software desenvolvido na plataforma MATLAB. O objetivo deste processo é a identificação dos padrões no sinal de EEG, no domínio da freqüência. Os métodos de análise adotados foram o de cálculo de médias de FFT e de cálculo de espectrograma. Com a mediação de FFTs é possível verificar as freqüência presentes no sinal. Em uma sessão, *m* diferentes freqüências de estimulação foram usadas (para referência, *m* = 2, 4 e 8). A seqüência de estimulação foi repetida *n* vezes (para referência, *n* = 20) a uma taxa de 512 amostras/s. Dentro de segmentos com uma mesma freqüência de estimulação, FFTs de 1024 pontos foram computadas usando-se janelas não sobrepostas de 1s de duração (0.5Hz de resolução). O gráfico final é construído somando-se as médias das FFTs de segmentos de mesma freqüência de estimulação. A figura 1 mostra o diagrama em blocos do cálculo da média das FFTs para uma sessão de *m* estímulos com *n* sinais.

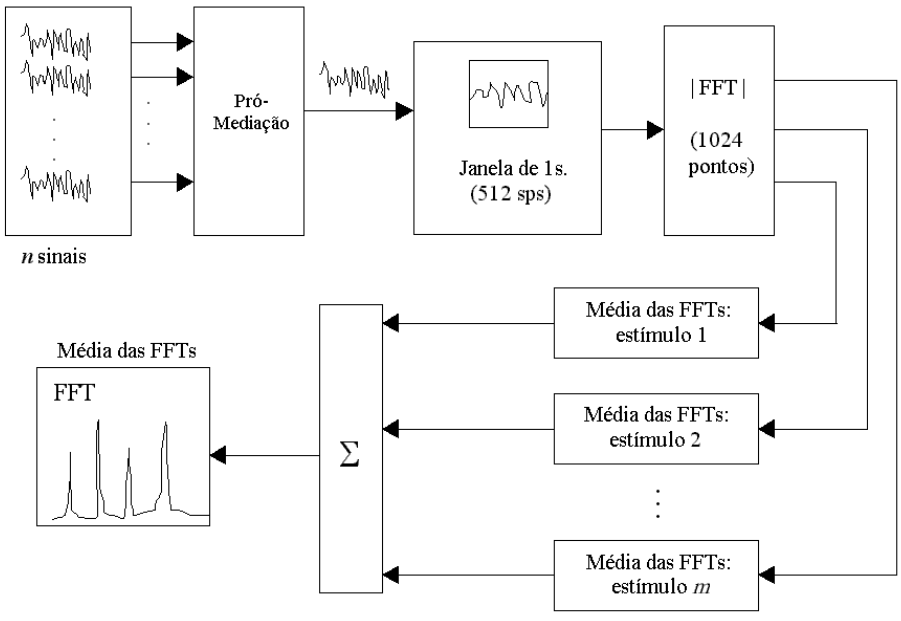

Figura 1 – Diagrama em blocos da computação das médias das FFTs.

O objetivo do espectrograma é verificar a distribuição dos picos de freqüência ao longo do tempo. Para se computar o espectrograma, um dizimador de 2:1 é necessário para se reduzir

a taxa de amostragem, e assim, o tempo de processamento. O espectrograma é calculado usando-se o módulo da FFT com 256 pontos de uma janela retangular de 1s (1Hz de resolução). A cada 0.125s, a janela avança 32 novas amostras, descartando as últimas 32 anteriores, e uma nova FFT é calculada. O espectrograma é mostrado em um gráfico 3D, onde os eixos x, y e z são, respectivamente, freqüência, tempo e amplitude (do módulo da FFT). A mostra em detalhes o diagrama em blocos do cálculo do espectrograma.

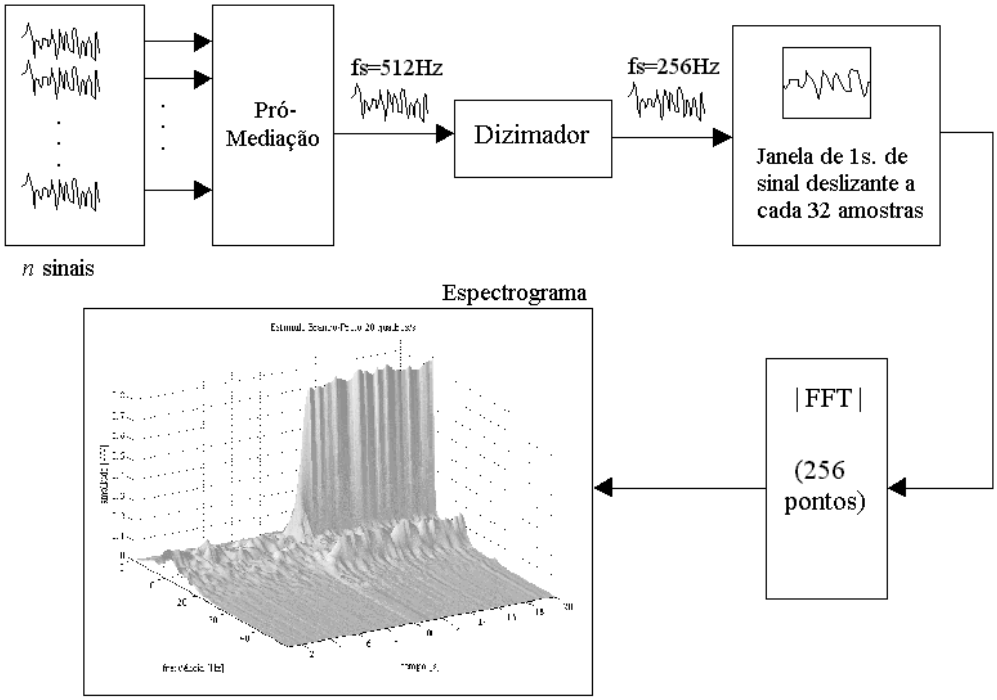

Figura 3 – Diagrama em blocos do cálculo do espectrograma.

Resultados

Foram coletados sinais de dez voluntários em diversas sessões de aquisição, nas quais diferentes estímulos foram utilizados. As sessões de estimulação/aquisição consistem em estimulações de 2, 4 e 8 freqüências geradas simultaneamente à vista do voluntário. Este, quieto e relaxado, teve apenas de observar cada estímulo visual (com diferentes freqüências) por uma dado intervalo de tempo, numa dada ordem, sincronizada pelo software.

As Figuras 3 a 8 mostram o resultado para um voluntário específico. As Figuras 3 e 4 mostram, respectivamente, a médias das FFTs e o espectrograma com duas ocorrências de pico, em 11Hz e 15Hz. Cada pico tem 4 segundos de duração e toda a aquisição tem 16 segundos. Dois outros picos menores podem ser observados em 20Hz, os quais são harmônicos da primeira freqüência de estimulação. As Figuras 5 e 6 mostram resultados para 4 freqüências de estimulação simultâneas diferentes, em 10Hz, 12Hz, 14Hz e 16Hz. As Figuras 7 e 8 mostram resultados para oito freqüências de estimulação diferentes: 9Hz, 11Hz, 13Hz, 15Hz, 10Hz, 12Hz, 14 Hz e 16Hz.

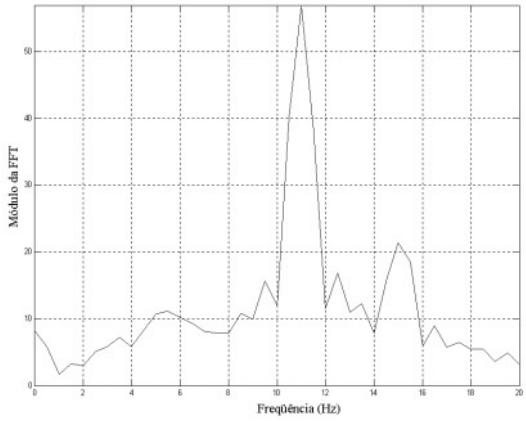

Figura 5– Média das FFTs para o voluntário 1 - Sessão 1 com estímulos em 11Hz e 15Hz.

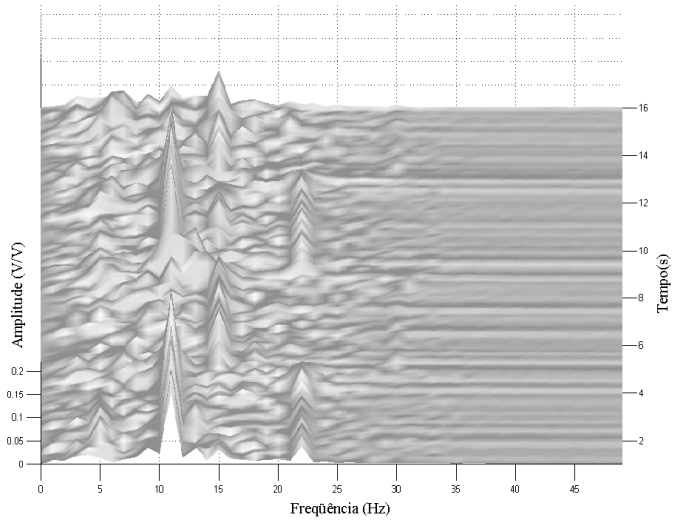

Figure 6 - Espectrograma para o voluntário 1 - Sessão 1 com estímulos em 11Hz e 15Hz.

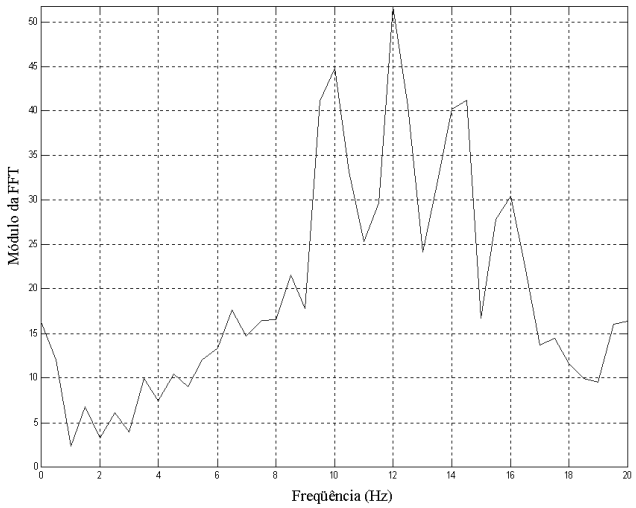

Figura 7 – Média das FFTs para o voluntário 1 - Sessão 2 com estímulos em 10Hz, 12Hz, 14Hz e 16Hz.

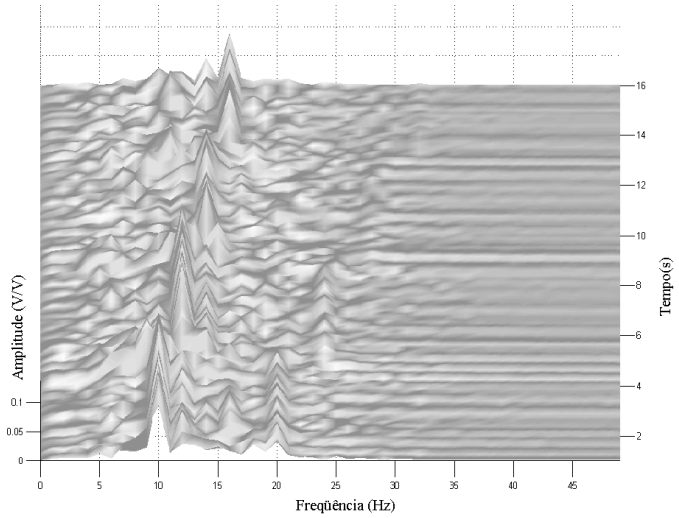

Figura 8 - Espectrograma para o voluntário 1 - Sessão 2 com estímulos em 10Hz, 12Hz, 14Hz e 16Hz.

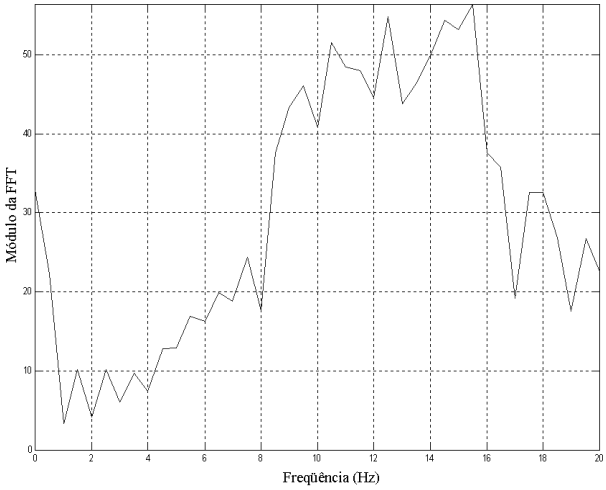

Figura 9 - Média das FFTs para o voluntário 1 - Sessão 3 com estímulos em 9Hz, 11Hz, 13Hz, 15Hz, 10Hz, 12Hz, 14Hz e 16Hz.

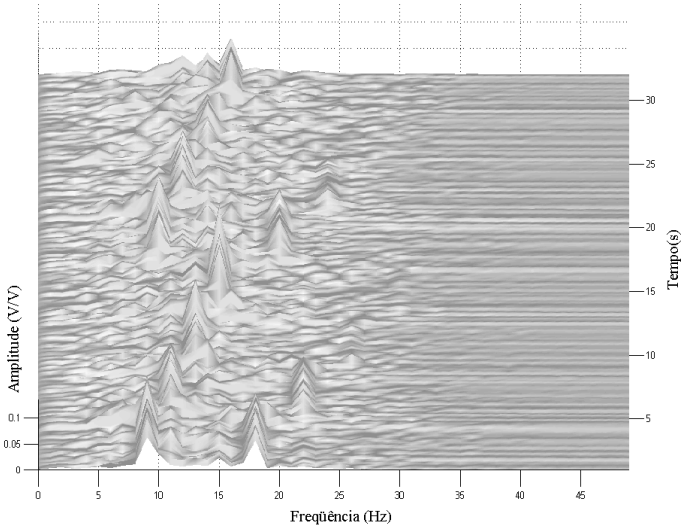

Figura 10 - Espectrograma para o voluntário 1 - Sessão 3 com estímulos em 9Hz, 11Hz, 13Hz, 15Hz, 10Hz, 12Hz, 14Hz e 16Hz.

Discussão e Conclusões

A metodologia aqui proposta para estimulação, aquisição e processamento de sinais e análise foram adequadas e eficientes para o objetivo de descriminar diferentes padrões de EEG relacionados a estímulos visuais. A precisão em se detectar freqüências bastante próximas na resposta evocada, presente na maioria dos voluntários, indica a possibilidade de um posterior desenvolvimento, no qual um número maior de símbolos poderá ser identificado. Algumas pessoas apresentaram fadiga após 30 minutos ou mais de sessões contínuas de foto-estimulação. Provavelmente, isto é devido às baixas freqüências usadas no experimento, sugerindo que freqüências mais altas devam ser testadas no futuro.

Os resultados encorajam o desenvolvimento de um sistema BCI completo a ser implementado como um teclado protético para pessoas com sérias deficiências físicas.

Referências

Clark Jr, J. (1998), "The origin of biopotentials", In: Webster, J. G. (Ed.) *Medical Instrumentation Application and Desig*n, New York: John Wiley & Sons, p. 121-182.

Pfurtscheller, G., Kalcher, J., Neuper, C., Flotzinger, D., Pregenzer, M. (1996), "On-line EEG classification during externally paced hand movements using a neural network-based classifier", *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, v. 99, n. 5, p. 416-425.

Pilla Junior, V., Lopes, H.S. (2000), "Detection of movement-related desynchronization of the EEG using neural networks", *Proceedings of World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineerin*g, Chicago, USA, [CD-ROM].

Sutter, E. E. (1992), "The brain response interface: communication through visually induced electrical responses", *Journal of Microcomputer Application*s, v. 15, p. 31-45.