

COMPARAÇÃO DE TÉCNICAS PARA DETERMINAR FADIGA MUSCULAR ATRAVÉS DO SINAL EMG

Ramon de Freitas Elias CAMPOS^{1,2}; Marcus Fraga VIEIRA^{1,2}

1 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e da Computação

2 – Laboratório de Bioengenharia e Biomecânica da UFG

ramon666@gmail.com

Palavras-chave: EMG, Fadiga muscular, *Labview*.

1 INTRODUÇÃO

A eletromiografia (EMG) possibilita a análise do sinal elétrico produzido pelos músculos, decorrente de transmissões sinápticas. Através dele pode-se analisar comportamento de algumas patologias, seguimento da reabilitação de lesões musculares, prevenção de lesões musculares, análise de força, entre outros (HENDRIX *et al.*, 2009).

O presente estudo pretende realizar uma comparação entre os métodos utilizados, atualmente, para analisar fadiga muscular por meio da eletromiografia de superfície (EMGS).

2 MATERIAL E MÉTODOS

A coleta dos sinais EMG será realizada com eletrodos diferenciais de superfície (EMGS) de Ag/AcCl sobre o músculo bíceps braquial. Com a aquisição do sinal analógico, este é digitalizado (A/D) com o equipamento da *National Instruments*, modelo USB-6218. Para o tratamento computacional será utilizada a ferramenta *LabView* 2010, versão 10.0 (32 bits), juntamente com o pacote *Advanced Signal Processing Toolkit* 2010, ambos também da *National Instruments*. O sistema será implementado para analisar o sinal EMG, utilizando uma frequência de amostragem de 2kHz, a fim de comparar as técnicas de detecção de fadiga muscular, e possibilitar a detecção do limiar de fadiga eletromiográfico.

O protocolo será utilizado em 20 pessoas, com faixa etária entre 18 e 45 anos, do sexo masculino e que não apresentem problemas ou disfunções musculares, a fim de validar o sistema de detecção de fadiga muscular. É proposto para que cada voluntário realize, com o braço dominante, 3 repetições de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) por um período de 5 segundos, com períodos de descanso de 3 minutos. A partir da média dos valores máximos será realizada a normalização (percentagem) da força individual. Em sequência, é realizada uma

contração isométrica com carga de 80%, por um período de 3 minutos, ou enquanto o voluntário suportar.

Um dos métodos mais utilizados na literatura para determinação da fadiga muscular é através da análise do sinal RMS, quando analisado no domínio do tempo. O RMS é o valor eficaz, ou raiz quadrática média, que determina o valor da energia de um sinal. Seu valor é obtido através da raiz quadrada da média dos quadrados de seus valores instantâneos, conforme equação:

$$\psi_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} |x_i|^2} \quad (1)$$

Outra técnica muito utilizada é a análise do sinal EMG no domínio da frequência, através dos valores médios e medianos do sinal, de modo que é analisado em qual faixa de frequência as fibras musculares estão sendo requisitadas. Com o decorrer do esforço ao longo do tempo, nota-se que a frequência do sinal desloca-se de valores médios, e migram para frequências menores. Isto ocorre devido à diminuição da ativação das fibras de contrações rápidas (fibras do tipo II), que devido a reações metabólicas (concentração de ácido láctico, concentração de íon potássio, alteração do pH) tornam-se inibidas, restando somente atividade das fibras de contração lentas (tipo I).

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} x_i \quad (2)$$

$$mediana = \frac{s_{k-1} + s_k}{2} \quad (3)$$

Métodos matemáticos complexos estão sendo utilizados para realizar a determinação do limiar da fadiga muscular. A estimação espectral é um dos métodos e consiste em determinar um estimador da densidade espectral de potência (DEP). A densidade espectral de potência representa a potência contida em um sinal em uma faixa de frequência. A densidade espectral de potência é vista como a transformada de Fourier de tempo discreto (TFTD) da sequência de autocorrelação, segundo a equação do teorema de Wiener-Kinchin (4).

$$P_{xx}(e^{j\omega}) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} r_{xx}(m) e^{-j\omega m} \quad (4)$$

Utilizando a estimação espectral não paramétrica, pode-se obter a resposta do impulso ou a resposta em frequência de modelos lineares invariantes no tempo (*National Instruments Corporation*. 2010). Com o objetivo de analisar a

resposta em freqüência do sinal EMG será adotado o estimador de Welch. No estimador Welch, o sinal é inicialmente fracionado (5), realizado o janelamento com o método do periodograma em cada fragmento (6), e resulta na média das estimações espectrais de potência de cada fragmento (7).

$$x_L(n) = x(n - M + ML) \quad (5)$$

$$J_M^L(w) = \frac{1}{MU} \left| \sum_{n=0}^{M-1} x_L(n) y(n) e^{-jwn} \right|^2 \quad (6)$$

$$W_{xx}^y(x) = \frac{1}{K} \sum_{L=1}^k J_M^L(w) \quad (7)$$

Na análise espectral paramétrica, um processo estocástico pode ser associado à saída de um sistema linear cuja entrada há ruído branco (ITIKI, NASCIMENTO, 2007). O modelo autoregressivo com média móvel (ARMA), que é uma combinação entre os sistemas autoregressivo (AR) e o sistema de média móvel (MA), é escolhido para realizar a determinação da fadiga muscular. Para a determinação dos coeficientes do sistema é adotado o método de Yule-Walker, método este que realiza os cálculos dos coeficientes AR e MA de maneira separada, através da matriz de autocorrelação, demonstrada na equação (8).

$$y(t) = \sum_{i=1}^N a_i \cdot y(t-i) + b_i \cdot \varepsilon(t-i) + \varepsilon(t) \quad (8)$$

O último método a ser utilizado será a transformada Wavelet. Wavelets são funções utilizadas para realizar decomposição dos sinais, assim como a transformada de Fourier que realiza a decomposição de sinais através de várias senóides, enquanto a transformada wavelet decompõe o sinal através de famílias de wavelets. Diferentemente das senóides, que são simétricas, suaves, e regulares, as wavelets podem ser simétricas ou assimétricas, suaves ou bruscas, regulares ou irregulares (National Instruments Corporation, 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema desenvolvido em *Labview* é constituído de 2 aplicativos. O primeiro, onde serão realizada as 3 coletas do sinal EMG em contração isométrica máxima, podendo ser ajustada a duração da coleta, a freqüência de amostragem do sinal e o nome do arquivo a ser salvo. É também apresentado, em tempo real, o gráfico do sinal e o tempo decorrido da coleta, além de disponibilizar o botão para

interromper a execução, conforme Figura 1-a. O diagrama de blocos da implementação está apresentado na Figura 1-b.

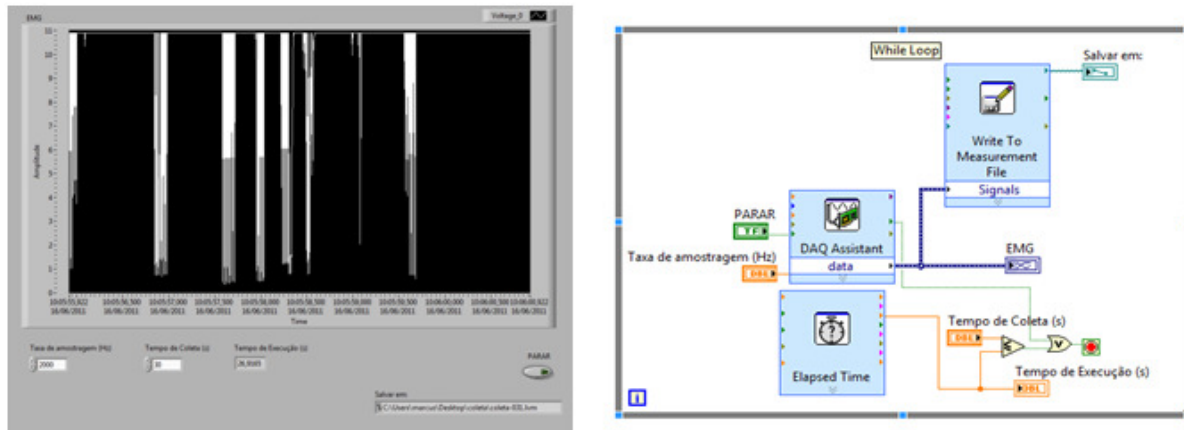


Figura 1. (a) Tela da aplicação para gravação dos sinais EMG. (b) Diagrama de bloco do aplicativo e gravação do sinal.

O segundo aplicativo consiste na leitura dos arquivos salvos na coleta inicial, durante CIVM, realizando a média simples dos valores máximos de cada amostragem. Esse valor é normalizado e apresentado em percentagem. Em seguida, seguindo o protocolo do experimento, o indivíduo manterá carga de 80% da CIVM, monitorada através da *Feedback* visual, como disposto na Figura 2.

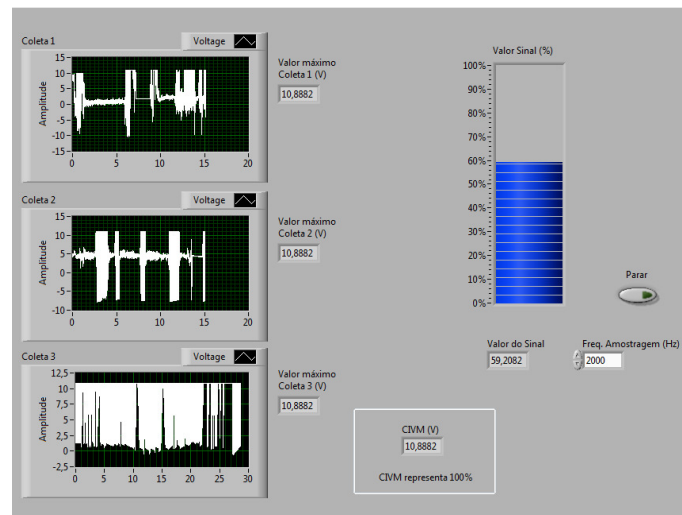


Figura 2. Tela que disponibiliza indicador da contração para o indivíduo.

Também serão apresentados na tela os resultados decorrentes das determinadas técnicas de análise de fadiga muscular, conforme Figura 3.

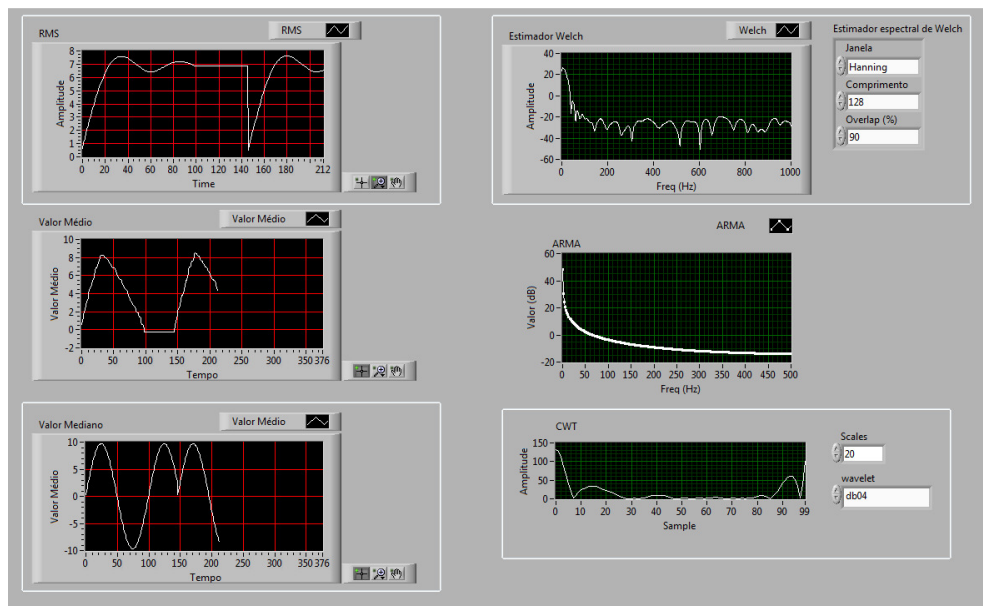


Figura 3. Apresentação dos sinais RMS, valor médio e mediano, estimador Welch, modelo ARMA, e transformada wavelets.

4. CONCLUSÕES

A eletromiografia permite identificar padrões de fadiga de forma não invasiva. O estudo da fadiga muscular tem relevância científica porque oferece parâmetros de avaliação e seguimento de intervenções relacionadas a várias condições clínicas como miopatias e atrofas, determinação da capacidade de ativação muscular em atletas, entre outras. Com os resultados será possível identificar o limiar de fadiga eletromiográfico e o momento no qual a atividade muscular deverá ser interrompida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ITIKI, C., NASCIMENTO, V.H. Apostila de Processamento de Sinais de Tempos Discreto. Departamento de Engenharia de Telecomunicações e Controle. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, dez., 2007.

National Instruments Corporation. 2010. Disponível em: <http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361G-01/gmath/rms/>, acesso em 10/04/2010.

HENDRIX, C.R., HOUSH, T.J., JOHNSON, G.O., MIELKE, M., CAMIC, C.L., ZUNIGA, J.M., SCHMIDT, R.J., A new EMG frequency-based fatigue threshold test. Journal of Neuroscience Methods, 2009.