



Desenvolvimento e validação de um sistema de biofeedback integrado para reabilitação de pessoas com amputação transfemoral

J V S Moreira^{1*}, K A Rodrigues¹, D J L L Pinheiro¹, J L Vieira¹, T C Santos¹, E Cavalheiro¹, J Faber¹

¹Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil

*joaovitor@outlook.com

Embasamento Teórico, Motivação e Objetivo. Apesar do crescente avanço em inovações tecnológicas no desenvolvimento de novas próteses para pessoas acometidas com algum tipo de amputação, ainda há uma alta taxa de rejeição ao uso destas à longo prazo (Biddiss et al, 2007). Uma das principais razões para esse alto índice é a falta de funcionalidade e ausência de mecanismos que proporcionem informações aferentes proprioceptivas e/ou exteroceptivas aos usuários (Clippinger et al, 1982; Biddiss et al, 2007; Knikou et al, 2005). Uma possibilidade para contornar essa questão é o uso de protocolos de biofeedback. Nesses protocolos, a partir do registro de determinada atividade fisiológica (neural, cardíaca, muscular, etc), faz-se uma conversão desse registro em um ou mais padrões sensoriais (visual, auditivo ou tátil), tal que o usuário possa perceber essa atividade. Essa percepção altera os próprios padrões fisiológicos da atividade registrada. Desse modo, quando a atividade fisiológica exibe um padrão de interesse, como um aumento da amplitude numa determinada faixa de frequência, condiciona-se um reforço positivo ao usuário. Esse *loop*, portanto, promove uma automodulação das respostas fisiológicas de interesse, tornando efetivo o uso desses protocolos em diversos cenários clínicos (Mihara et al, 2013). Através de protocolos adequados é possível então, ativar vias neurais alternativas ou ‘dormentes’ e com isso modular a sensibilidade tátil, acuidade e funcionalidade motora dos pacientes com distúrbios motores (Shokur et al, 2016). Neste trabalho propomos um sistema de *Biofeedback* com um novo arranjo integrativo entre registro fisiológico e *feedback* vibrotátil. Esse sistema mimetiza os movimentos de extensão e flexão de joelho, a partir do registro não-invasivo da atividade eletromiográfica, fornecendo, simultaneamente, um *feedback* visual, num cenário imersivo de Realidade Virtual, e vibro-tátil através de uma matriz de mini-atuadores dispostos sobre as costas do usuário, representando os movimentos realizados pelo avatar virtual. A hipótese é que os estímulos, visuais e táteis conjugados, estimularão novas vias ascendentes, modulando a percepção que o usuário possui de seu próprio corpo.

Métodos. Para o desenvolvimento e avaliação da eficácia do sistema será realizada uma sequência de testes com sujeitos saudáveis. Para isso serão utilizados como sinais de entrada do sistema sinais eletromiográficos e eletroencefalográficos, com o feedback visual e vibro-tátil correspondente. Além disso, haverá a sincronização com os sinais provenientes de um goniômetro posicionado no joelho do participante para comparar o ângulo articular real e o estimado, permitindo avaliar a acurácia do sistema em prever o movimento através dos padrões de ativação muscular (figura 1). O participante realizará os movimentos de extensão e flexão de joelho, e os padrões de ativação muscular serão interpretados através do uso de técnicas estatísticas multivariadas. Esta resposta será mapeada através de movimentos da articulação correspondente no ambiente de Realidade Virtual (RV) (Unity®) e ativação da matriz de mini-atuadores, de modo a proporcionar uma resposta visual e tátil associada a cada estágio do movimento. Os registros de sEMG serão realizados sobre os músculos reto e bíceps femoral, e os registros de EEG serão realizados através de eletrodos dispostos na superfície do escalpo dos

usuários. O sistema em desenvolvimento conta com 128 canais, taxa de amostragem de até 30 kHz, além de 16 entradas digitais e 8 analógicas sincronizadas (INTAN®).

Resultados. Realizou-se um estudo sobre as melhores características estatísticas dos sinais de EMG, possibilitando uma melhor discriminação dos diferentes estágios do movimento através de técnicas de Aprendizado de Máquina. Através da análise das características estatísticas do sinal, é possível notar um predomínio de características relacionadas à amplitude para distinguir os estágios do movimento. Desenvolveu-se um algoritmo otimizado (em MATLAB®), capaz de mapear a atividade muscular registrada por EMG, nos ângulos de interesse, com uma acurácia superior a 90%. A implementação em tempo real se mostrou viável, uma vez que o sistema é capaz de realizar previsões com janelas de dados de 100 ms.

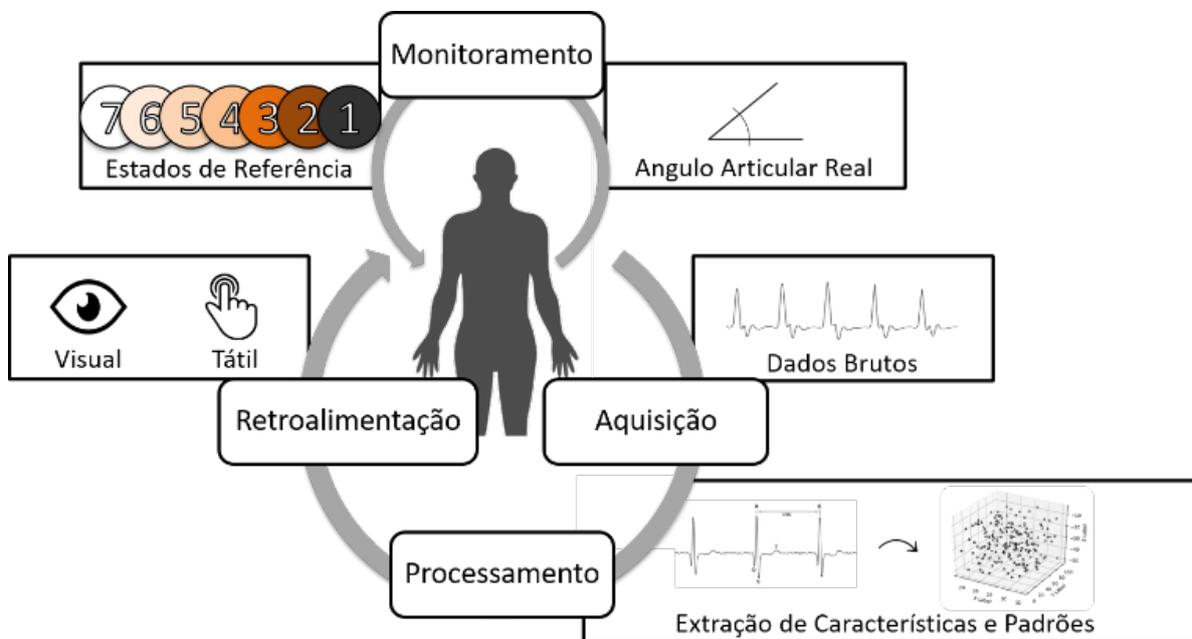


Figura 1: Diagrama de blocos das partes componentes do sistema de *Biofeedback*.

Discussão e Conclusões. Atualmente, o estudo encontra-se em fase final de validação do algoritmo de identificação e interpretação dos sinais de EMG conjugado aos sinais do goniômetro. O processamento de dados se mostra viável em tempo real, e estudos para avaliar a precisão do sistema em tempo real estão sendo conduzidos. A ideia central nos próximos estágios é acoplar o sistema à matriz de estimulação vibro-tátil e inserir o registro de EEG, com o intuito de buscar padrões neurofisiológicos associados à intenção de movimento e concentração durante a tarefa. O desenvolvimento/validação desse sistema visa sua posterior utilização em um protocolo para reabilitação de amputados transfemorais no período de pré-protetização, no qual serão avaliadas as respostas funcionais e cognitivas em decorrência da associação de estímulos visuais e táteis, estimulando vias proprioceptivas alternativas através desse *feedback* cruzado, o que poderá potencializar o processo de apropriação de próteses.

Agradecimentos. Agradecemos ao CNPq (processo nº442563-2016/7) pelo apoio financeiro.

Palavras-chave. Biofeedback; Reabilitação; Realidade Virtual; Feedback.