



## Controle em miniatura de braço robótico aplicado à Reabilitação Motora

José Gomes da Silva Neto<sup>1\*</sup>, Mirella Santos Pessoa de Melo<sup>1\*</sup>, Alana Elza Fontes da Gama<sup>1,2\*</sup>

Gutenberg Xavier da Silva Barros<sup>1\*</sup> João Marcelo Xavier Natário<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Voxar Labs, Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Biomédica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil

<sup>3</sup>Departamento de Eletrônica e Sistemas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, PE

\*{jgsn, jmxnt}@cin.ufpe.br

**Conceitos, Motivação e Objetivos.** A cinesioterapia, principal técnica utilizada na reabilitação motora, é composta por exercícios que buscam recuperar movimentos perdidos ou alterados. A repetição de exercício é fundamental para recuperação, porém, as sessões de cinesioterapia, por requererem atividades manuais do fisioterapeuta seja para aplicar resistência ou auxiliar o movimento, demandam muito tempo do profissional. Como consequência, para atender a alta demanda de pacientes o terapeuta acaba reduzindo o número e a frequência da aplicação exercícios. Além disso, auxiliar movimento ou aplicar resistência ao mesmo pode exigir muito esforço físico do fisioterapeuta, podendo ocasionar lesões. A Terapia Robótica tem buscado desenvolver aplicações para minimizar essas dificuldades, o que tem sido demonstrado em algumas revisões sistemáticas (10.3109/17518423.2014.899648, 10.3389/fnhum.2017.00268). Dentre muitas vantagens, a terapia robótica pode fornecer ao fisioterapeuta a capacidade de assistir ou resistir à exercícios que requeiram força elevada ou aplicar força em mais de um paciente por vez de acordo com a disponibilidade de equipamento. Apesar da disseminação da robótica em reabilitação, pesquisas são necessárias para tornar essa tecnologia fácil e viável de utilizar na prática. Esse trabalho objetiva desenvolver uma aplicação de fácil implementação e baixo custo para controle de braço robótico aplicado à Fisioterapia Motora com o objetivo de facilitar o trabalho do fisioterapeuta e permitir a atuação em mais de um paciente por vez. Essa tecnologia pode permitir ainda salvar a sequência de movimentos do robô em um determinado exercício, possibilitando o tratamento à distância, aumentando assim a oportunidade terapêutica.

**Metodologia.** A implementação do projeto consiste em controlar um braço robótico de seis graus de liberdade, o SMART NS 16 1-65 fabricado pela COMAU, sendo escolhido para prototipagem por ser o modelo disponível. O controle proposto é uma versão em miniatura do braço, que foi modelada no software *Fusion* e impresso em 3D utilizando a impressora Prusa i3 MK3. Nesta miniatura são inseridos em cada um dos seis eixos articulados um potenciômetro de 10K $\Omega$ , sendo responsáveis pela captura do movimento que o usuário realiza no controle. Para a leitura analógica dos potenciômetros é utilizado o microcontrolador *Arduino Mega* que, através do módulo de comunicação *Shield Ethernet*, se conecta, através do protocolo TCP, com o sistema do robô que é constituído de uma programação em PDL2, linguagem nativa do robô. A comunicação entre a miniatura e o robô real permite que os movimentos realizados no protótipo sejam recriados no braço robótico em tempo real, como também a gravação de uma sequência de movimentos que possam ser repetidos sem a necessária atuação do usuário na miniatura. A validação dessa forma de controle foi feita inicialmente utilizando um software de simulação WinC5G (juntamente com o simulador RoboSIM), capaz de reproduzir integralmente as ações do braço real, onde o usuário realizava movimentos na miniatura e era possível através de avaliação visual notar, no simulador, a repetição desses movimentos. A segunda fase da validação consistiu

em realizar testes no braço robótico real, nos quais o procedimento do teste foi o mesmo citado anteriormente.

**Resultados.** O protótipo desenvolvido pode ser visualizado na Figura 1, onde é possível ver seus eixos e localização dos potenciômetros. Na realização dos testes foi possível validar que a comunicação TCP utilizada foi benéfica no ponto de permitir que a informação enviada pelo *Arduino* não fosse corrompida e chegasse na ordem correta. No link a seguir <https://bit.ly/2KsY8A6> é exposto um dos testes realizados no simulador, no qual o usuário movimentava diferentes eixos da miniatura e visualmente compara com os movimentos do braço no simulador, verificando a correspondência das posições. O link <https://bit.ly/2KFmmGx> corresponde a um dos testes realizados no equipamento real, onde o procedimento seguido foi o mesmo dos testes no simulador, sendo também possível verificar a correspondência das poses. Foi possível notar que os potenciômetros usados, por não serem lineares, não forneciam leituras precisas o suficiente para garantir que a posição realizada na miniatura era exatamente reproduzida no braço robótico.

**Discussão e Conclusões.** É possível concluir que o controle em miniatura proposto é viável, além de funciona de forma intuitiva, o que deve trazer benefícios ao usuário, facilitando o posicionamento do braço robótico em poses específicas requeridas na terapia. Para o futuro planeja-se utilizar outro braço robótico, mais apropriado à aplicação proposta, de tamanho menor e de custo reduzido, além de substituir os potenciômetros na miniatura por outros sensores capazes de realizar medições mais eficientes e confiáveis, por exemplo sensores ópticos.

**Figura 1.** Visão completa e visão “explodida” do braço em miniatura modelado.



**Palavras-chaves.** Controle, miniatura, fisioterapia, braço mecânico, exercícios passivos.