

# OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE ÓRTESE PARA SUPRESSÃO DE TREMORES PATOLÓGICOS

Felipe Montoro Lazzaro<sup>1,\*</sup>, Wellington Cassio Pinheiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Engenharia Mecânica, Centro Universitário FEI

[felipe.lazzaro@fei.edu.br](mailto:felipe.lazzaro@fei.edu.br) [wellington@fei.edu.br](mailto:wellington@fei.edu.br)

**Resumo:** As patologias do envelhecimento, como a doença de Parkinson (DP) e o tremor essencial (TE), estão ganhando importância com o aumento da expectativa de vida, afetando principalmente idosos e prejudicando atividades diárias. Engenheiros e profissionais de saúde trabalham juntos para desenvolver tecnologias assistivas, como órteses, para suprimir tremores. Este projeto utiliza simulação computacional e algoritmos genéticos para otimizar uma órtese, visando uma supressão mais eficaz e personalizada dos tremores.

## 1. Introdução

O envelhecimento populacional global está aumentando a prevalência de comorbidades como os tremores patológicos associados à doença de Parkinson (DP) e ao tremor essencial (TE), gerando um mercado crescente para tecnologias assistivas. A DP, uma doença neurodegenerativa crônica causada pela redução da dopamina no cérebro, leva a rigidez muscular e tremores, especialmente nas mãos e punhos, dificultando atividades diárias. O TE, por sua vez, causa tremores rítmicos, principalmente nas mãos, mas pode afetar outras partes do corpo.

A DP é a segunda doença neurodegenerativa mais comum, após o Alzheimer, com prevalência que aumenta com a idade [6]. Tecnologias assistivas, como órteses passivas, oferecem soluções não invasivas para suprimir tremores, melhorando a qualidade de vida dos pacientes. No entanto, devido à variação de intensidade dos tremores entre os indivíduos, há a necessidade de soluções personalizadas. A utilização de simulações computacionais, como a dinâmica direta, permite a otimização de parâmetros da órtese, como rigidez e amortecimento, garantindo uma supressão de tremores mais eficaz e individualizada.

## 2. Metodologia

O software OpenSim é um programa aberto para modelagem, simulação de movimento e análise do sistema neuromusculoesquelético. Com ferramentas de baixo poder computacional, é desenvolvido em Simtk.org por colaboradores que fornecem modelos e informações para simulações de estruturas biológicas baseadas em física [1]. A versão 2.0 do OpenSim adicionou uma API (*Application Programming Interface*), permitindo que pesquisadores e usuários, por meio de outros programas, acessem e modifiquem as funcionalidades centrais do OpenSim [2].

Em decorrência da API, é possível fazer a comunicação entre o OpenSim e o software MATLAB. Podendo assim acessar códigos fonte do software de biomecânica pelo ambiente MATLAB. Na teoria sendo

possível utilizar as ferramentas e efetuar simulações disponíveis sem precisar abrir o OpenSim, tudo efetuado dentro do MATLAB. Existe também uma interface gráfica básica (Figura 3), que pode ser aberta no MATLAB com o intuito de ver o progresso da simulação que se iniciou [2].

Para a utilização do API é necessário configurar o MATLAB, seguindo algumas etapas que estão presentes na documentação do software OpenSim.

O modelo utilizado neste trabalho é o modelo dinâmico de membros superiores (MoBL-ARMS), Figura 1. Este modelo é utilizado para simulações de dinâmica, pois os corpos do modelo possuem seus respectivos parâmetros de inércia definidos, exceto o tórax. Possui cinquenta músculos e sete graus de liberdade, divididos em 3 graus de liberdade para o ombro e 2 tanto para o cotovelo quanto para o pulso [2]. O objetivo deste trabalho é focar nos graus de liberdade do punho, abrangendo tanto flexão e extensão como pronação e supinação. Haja visto que será implementado um modelo de tremor de um grau de liberdade, desenvolvido por [3].



Figura 1 - Modelo MoBL-ARMS

Fonte: Autor

Na biomecânica, a análise da dinâmica é usada para entender como o sistema musculoesquelético gera forças, torques e movimentos. As simulações de dinâmica direta complementam dados experimentais, aprofundando a compreensão do controle motor [4]. Nessa abordagem, o comportamento muscular e esquelético é modelado por equações diferenciais, resolvidas numericamente a cada passo de tempo, considerando entradas de excitação neural, forças e torques externos. A dinâmica direta difere da inversa, pois usa parâmetros iniciais para calcular o movimento, esquematizado na Figura 2.

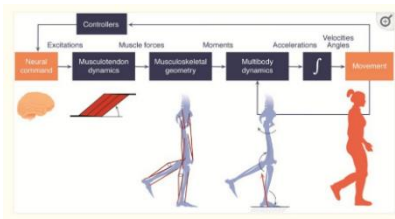


Figura 2 - Exemplo de simulação de dinâmica direta Adaptado de [5].

A simulação de dinâmica direta e montagem da órtese foi baseada na tese de [2] e em trabalhos anteriores de biomecânica, utilizando recursos da API com MATLAB. A simulação inicia-se a partir de um código principal que chama outras funções para resolução, integração e controle. Como etapa inicial, é preciso ajustar alguns parâmetros como a posição dos membros, esforços musculares e a conexão entre a órtese e o modelo. Após diversos testes, a melhor forma de conexão foi a criação de esferas de contato (Figura 3), representando fenomenologicamente os efeitos da órtese na restrição de movimentos.



Figura 3 - Conexão da órtese por esferas de contato Fonte: Autor

Ao fazer a conexão e configurações de parâmetros iniciais, ainda no código main, ocorre a integração da simulação que em linhas gerais consegue criar uma planta de controle no OpenSim, pelo MATLAB. Para tal simulação, os estados são retirados do modelo e é escolhido um solver no MALAB para a solução numérica da simulação. Com isso, é utilizado um controlador, em malha fechada, para que a saída da planta siga valores de referência. Os tremores por sua vez, entram na malha de controle como perturbações e entradas que antecedem a planta, refletindo seus efeitos na simulação. É importante ressaltar que os tremores ainda não foram adicionados nesta etapa de projeto.

### 3. Resultados

Durante a simulação, quatro gráficos são gerados: os dois primeiros mostram os ângulos de flexão/extensão ( $\phi$ ) e pronação/supinação ( $\psi$ ), respectivamente. Enquanto os dois últimos representam o esforço de controle, ou sinais de excitação muscular respectivos dos ângulos. As referências angulares esperadas para  $\phi$  e  $\psi$ , previamente estabelecidas, são representadas pelos círculos verdes. Os ângulos do modelo deveriam manter-se em sintonia aos ângulos de referência, haja visto que existe uma malha de controle para isso. No entanto, a conexão da órtese altera o comportamento do modelo, modificando esses ângulos. Isso é influenciado pelos parâmetros de rigidez e amortecimento nas esferas de contato, em que com altos valores afetam o

comportamento do modelo e fazem com que o movimento seja restringido (Figura 4). Ao passo que com menores valores permitem que o modelo siga os ângulos de referência (Figura 5), relatando de forma clara o efeito da órtese representada fenomenologicamente pelas esferas.

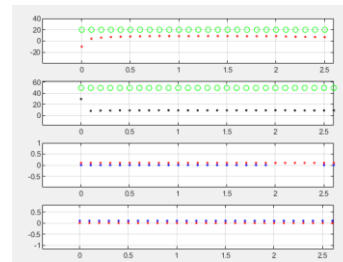


Figura 4 - Simulação com alta rigidez e amortecimento Fonte: Autor

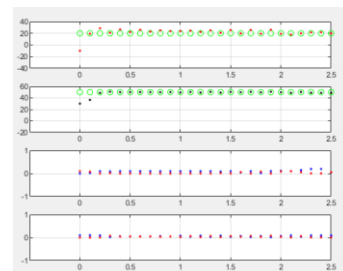


Figura 5 - Simulação com baixa rigidez e amortecimento. Fonte: Autor

## 4. Conclusões

Com os resultados obtidos é possível notar um avanço em relação a conexão da órtese, tal como a variação da simulação em decorrência dos parâmetros das esferas de contato. Desta maneira, para as próximas etapas, este projeto visa a implementação do tremor no código. Como também a otimização dos parâmetros de rigidez e amortecimento, para uma maior atenuação dos tremores.

## 5. Referências

- [1] DELP, Scott et al. Open-Source Software to Create and Analyze Dynamic Simulations of Movement. **IEEE transactions on biomedical engineering**, v. 54, p. 1940-1950, 2007.
- [2] MUSSO, Matteo. Simulation HMI with OpenSim, 2020. 92.
- [3] PINHEIRO, Wellington C. Modelo biomecânico de punho para a simulação computacional de tremores patológicos em malha fechada utilizando controle  $H_\infty$ , Rio de Janeiro, Março 2019.
- [4] THELEN, D. G., ANDERSON, F. C., DELP, S. L., 2003, Journal of biomechanics, v. 36, n. 3, pp. 321-328.
- [5] SETH et al. OpenSim: Simulating musculoskeletal dynamics and neuromuscular control to study human and animal movement PLoS computational biology, v. 14, n. 7, p. e1006223, 2018.
- [6] DAVID, Dexter ; JENNER, Peter. Parkinson disease: from pathology to molecular disease mechanisms, 62, setembro 2013. 132-144.

\* Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 10/2023 a 09/2024.