



ÓRTESE ROBOTIZADA DE MÃO COM CÓDIGO ABERTO

Allan Reis Arslan¹, Lucas Rodrigo Kehl¹, Pedro Gabriel do Espírito Santo¹, Fábio Ricardo Oliveira de Souza²

Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha.

Novo Hamburgo – RS, Brasil.

Resumo: Doenças com sequelas funcionais impedem que pessoas com deficiências realizem diversas atividades diárias, tornando-as dependentes e criando obstáculos para a sua inclusão na sociedade. Neste âmbito, evidencia-se a necessidade de iniciativas que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, visando sua autonomia, qualidade de vida e inclusão social. A incapacidade de executar os movimentos básicos da mão, como a oposição e a contraposição do dedo polegar ao dedo indicador com a aplicação de força, leva a pessoa a perder a capacidade de segurar pequenos objetos de forma eficiente. Visando proporcionar melhores condições para deficientes motores propõe-se uma órtese robotizada de mão, restaurando o movimento de preensão de precisão, conhecido como movimento de “pinça”. A utilização de um software de funcionamento de código aberto foi considerada de fundamental importância, fornecendo autonomia para o usuário na realização de atualizações e adequações. Tratando-se de um equipamento personalizado para cada usuário, a metodologia iniciou com um escaneamento 3D da mão do usuário, seguido de elaboração e criação dos sistemas mecânico e eletrônico a serem empregados na órtese. Foi realizado todo o projeto do equipamento objetivando maior conforto e, junto com seus sistemas operacionais, foi confeccionada a órtese. Elaborou-se uma órtese totalmente adaptada criada através de impressão 3D, com um sistema mecânico eficiente e sistema eletrônico de linguagem aberta.

Palavras-chaves: Órtese; Sistema Aberto; Servo Motor; Arduino; Movimento de Pinça; Mão.

Abstract: Diseases with functional sequelae prevent that people perform several daily activities, making them dependent and creating obstacles to their inclusion in society. In this context, is shown the need for initiatives that aim to promote the functionality related to the activity and participation of people with disabilities. The inability to perform the basic movements of the hand, leads the person to lose the ability to hold small objects efficiently. In order to provide better conditions for those, is proposed a robotic hand orthosis, restoring the precision grip movement. The use of an open source operating software was considered of fundamental importance, providing autonomy to the user in the updates and adjustments. In the case of a custom equipment for each user, the methodology began with a 3D scan of the user's hand, followed by development and creation of mechanical and electronic systems to be used in orthosis. Was conducted all the design of the equipment and, along with its operating systems, was made the orthosis. A fully adapted orthosis was created through 3D printing with an efficient mechanical system and electronic open source system.

Keywords: Orthosis; Open Source; Servo Motor; Arduino; Motion Tweezers; Hand.

¹ Estagiários no Ensino Médio integrado ao Técnico. E-mails (respectivamente): allan.arslan@hotmail.com; lucasrkehl@gmail.com; gblpeedro@gmail.com

² Mestre em Engenharia Mecânica. E-mail: fabio.souza@liberato.com.br

1 INTRODUÇÃO

A mão é um membro muito importante na vida do ser humano, proporcionando interação com o mundo que o cerca. Dentre as diversas deficiências físicas existentes, aquelas que afetam membros superiores são consideradas as mais limitantes, pois dependemos desses membros para realizar a maioria das atividades diárias, como escovar os dentes, despir-se, vestir-se, alimentar-se.

A mão é considerada um dos principais instrumentos do corpo humano, sendo que a evolução humana é creditada a existência do polegar opositor, nos diferenciando de espécies de primatas. Possibilitado pelo polegar opositor, o movimento de preensão é que credita à mão toda a sua versatilidade no manuseio de objetos. A literatura apresenta dois tipos principais de movimentos de preensão: o de força, que consiste na ação de flexão dos dedos sobre a região palmar; e o de precisão, que consiste na aproximação dos dedos polegar e indicador [1].

Tendo como principal função manipular objetos, a mão possui a capacidade de executar movimentos de precisão, como o movimento de pinça. A partir do momento que o homem perde essa capacidade, perde também a capacidade de segurar, soltar, manipular pequenos objetos e se torna dependente do auxílio de outras pessoas. Consequentemente, surge a dificuldade de interação social e profissional [2].

Doenças com sequelas funcionais ainda requerem um grande avanço a fim de proporcionar melhor qualidade de vida às pessoas. Dentre todas as doenças, as que atingem as mãos têm se mostrado um grande desafio no processo de reabilitação devido à sua grande complexidade [3]. Segundo Fess e Philips, a perda do polegar ou sua função pode gerar um déficit funcional da mão de 40%. Tamanha deficiência funcional é algo que não passa despercebido e, embora esse déficit seja grande, há pouca bibliografia sobre a biomecânica do uso de órteses para o polegar [4][5].

Lesões traumáticas em membros superiores atingem 80% do total dos casos, sendo que a reabilitação só é possível em uma parcela deles. O restante não consegue recuperar o movimento e acaba tendo que conviver com o déficit motor. Ainda assim, segundo a Abotec (Associação Brasileira de Ortopedia Técnica), menos de 3% dos deficientes físicos brasileiros consegue ter acesso à alta tecnologia para o tratamento de suas deficiências devido ao alto preço [6][7].

São diversos tipos de doenças e acidentes que levam

ao déficit motor das mãos. Pessoas com lesões medular de níveis C5 ao C7, por exemplo, conseguem posicionar sua mão no espaço, mas sem a habilidade de pegar, segurar e manusear objetos. Essas pessoas, com o objetivo de segurar objetos, acabam fazendo isso através da tenodese, que com o movimento do punho movimentam os tendões e permite certo movimento. No entanto, é um movimento difícil e muito limitado [8].

Neste cenário, desenvolver uma órtese nacional tornaria o acesso à tecnologia mais fácil e barato, além de proporcionar uma oportunidade à parcela de deficientes físicos que não conseguem retomar os movimentos das mãos.

As órteses disponíveis atualmente são, em sua maioria, desajeitadas e nada ergonômicas, além do alto custo para sua pouca funcionalidade.

O objetivo deste trabalho foi criar uma órtese funcional robotizada de mão que restaurasse uma das formas de preensão de precisão polpa a polpa entre os dedos polegar e indicador, conhecida como movimento de “pinça”. Visou-se à restauração parcial da função da mão utilizando uma órtese, permitindo também que a mesma tenha atualização de software de funcionamento, inclusive pelo usuário, através da utilização de um sistema eletrônico de linguagem aberta (Arduino).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Através de uma busca de literatura com enfoque em anatomia e funcionalidade, delimitou-se a metodologia a ser aplicada para o desenvolvimento da pesquisa.

Com auxílio de um scanner 3D, foi medida a mão de um voluntário para que pudesse ser feito o projeto do protótipo. Em seguida, ocorreu a definição dos sistemas eletrônico e mecânico a serem utilizados, comprovados pela construção do primeiro protótipo. Seguiu-se a construção de outros dois, projetados no software “Inventor” e impressos em duas impressoras 3D.

2.1 Scanner 3D

Em uma empresa especializada em projetos mecânicos, foram realizadas as medidas da mão do voluntário a fim de moldar o protótipo futuro para testes em sua mão. Foi utilizado um Scanner 3D italiano, da marca “GOM: Optical Measuring Techniques”. O equipamento captura inúmeras fotos de diversos ângulos, e o software incluso prepara um arquivo de peça no computador, sobrepondo as imagens.

Primeiramente foi realizado o referenciamento de pontos com a placa padrão. Foram tiradas fotos da placa que contém pontos em posições específicas, para garantir a exatidão do resultado.

A mão, limpa, é posicionada em uma superfície plana. Em volta dela, colocam-se adesivos com pontos de referência, como mostra a figura 1.



Figura 1: Calibração do equipamento.

Fonte: Os autores.

Por fim, o equipamento inicia uma sequência de retirada de fotos, em diversos ângulos. A partir das fotos, o software do equipamento digitaliza a mão e é possível criar arquivos em formato de CAD, conforme a figura 2.



Figura 2: Mão após processo de digitalização.

Fonte: Os autores.

A imagem representa o arquivo da mão escaneada após um processo de suavização e aperfeiçoamento de camadas.

2.2 Sistema eletrônico

Para cumprir o objetivo proposto, um sistema aberto é essencial. O Arduino e o servo motor, são de fácil programação e grande rendimento, atendendo às necessidades do projeto.

Baseado nos eBooks *“Arduino in Action – Martin Evans – Joshua Noble – Jordan Hochenbaum Editora Manning – 2013”* e *“Practical Arduino Cool Projects for Open Source Hardware”*, foi desenvolvido um código para testar os equipamentos.

Através desse código foi possível realizar a movimen-

tação do servo motor e iniciaram-se os estudos para adaptar uma fonte externa, visando a mobilidade e operação autônoma do usuário. Através de pesquisas bibliográficas foi decidido utilizar uma fonte que opera com pilhas tipo AA, para testes iniciais,

Seu funcionamento ocorre unindo seis pilhas e a conexão com o Arduino é feita na entrada “Power Jack”. O Arduino opera com tensão de entrada de 7 a 12 V e o servo motor com tensão de 5 V. Ao utilizar as seis (6) pilhas a tensão fornecida é de 9 V. O Arduino converte essa tensão para 5 V através de seu conversor e transmite essa tensão ao servo motor, permitindo o correto funcionamento do sistema.

2.3 Primeiro protótipo

Após a definição do sistema eletrônico, iniciou-se a definição do sistema mecânico. Baseado na revisão bibliográfica sobre anatomia da mão e o conhecimento técnico, propôs-se um sistema de transmissão envolvendo correias e polias para a movimentação da órtese que envolve o dedo.

Iniciou-se a construção de um primeiro protótipo com o objetivo de realizar testes iniciais no sistema mecânico sugerido. Utilizando diversos conhecimentos técnicos foi criada uma cópia da órtese projetada, utilizando placas de metal, as correias e os componentes eletrônicos. O protótipo criado proporcionou comprovar que o sistema eletrônico e mecânico funcionam.

2.4 Segundo protótipo

Após o desenvolvimento do protótipo inicial para o teste dos sistemas propostos, iniciou-se o desenvolvimento do projeto para a versão final. Utilizou-se o software de modelagem 3D Autodesk Inventor para projetar a órtese e seus componentes para serem impressos em 3D.

Como base para o desenho e localização dos componentes utilizou-se a projeção da mão em 3D feita inicialmente. Neste arquivo, foi criado um plano paralelo à lateral da mão, na face entre o polegar e o indicador.

Nesse plano foi possível desenhar os componentes de suporte da órtese. No dedo indicador foi criada uma placa lateral com a polia dentada fixada em seu ponto de giração, que será utilizada para fixação e movimentação do dedo indicador. Entre a placa e a polia há um furo de 5 mm para fixação da placa suporte. Sobre a lateral da mão e do antebraço colocou-se outra placa um pouco maior, com um pino de 4,5 mm no ponto de giração, que

é o local onde é encaixada a placa com a polia do dedo.

Além desses componentes se desenhou uma polia dentada igual à desenhada na placa do dedo, que será fixada no servo motor e conectada por uma correia à outra polia, permitindo que o servo movimento o dedo.

Também foram desenhados o Arduino, a fonte de alimentação, e o servo motor. Eles foram posicionados sobre o antebraço para visualizar todo o conjunto da órtese e possibilitar melhorias e alterações.

Para realizar a impressão dos equipamentos foram utilizadas duas impressoras disponíveis no Centro de Informática da Fundação Liberato. A primeira para peças pequenas e com acabamento fino e a segunda para peças robustas de acordo com a figura 3.



Figura 3: Primeira órtese feita em impressão 3D.
Fonte: Os autores.

O resultado final da impressão demonstrou um material flexível e resistente, com algumas falhas no acabamento. Foram observadas falhas nas polias, a necessidade de um apoio fixo para o servo motor e para o dedão.

2.5 Terceiro protótipo

Com o segundo protótipo notou-se que as polias, quando impressas, não ficaram com a qualidade desejada, pois os dentes ficaram muito finos e estavam caindo. O seu suporte também ficou fino e quebradiço. Isso ocorreu, pois, as polias ao serem desenhadas ficaram com um vão entre os dentes e a circunferência da polia. Assim utilizou-se uma polia da biblioteca do Inventor.

Também se observou que o suporte da órtese foi desenvolvido reto e dificultava a ergonomia da órtese em conjunto com a mão. Por essa razão o terceiro protótipo foi feito com o suporte seguindo as curvaturas da mão.

Na sequência desenvolveu-se o suporte com dois (2) milímetros de espessura, 0,5 a mais que o primeiro para

proporcionar mais estabilidade. Foi incluída no suporte do antebraço uma base para fixação do servo motor com duas nervuras para que possa ser fixado (Figura 4).

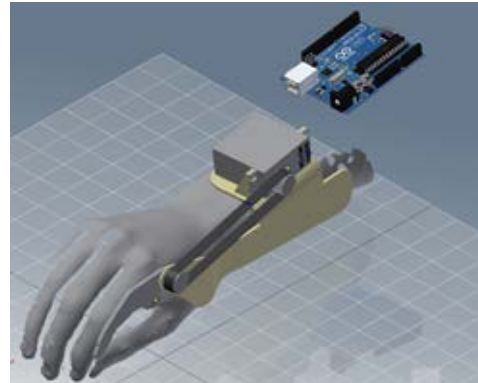


Figura 4: Modelagem do terceiro protótipo finalizada.
Fonte: Os autores.

Diferente do projeto, nessa etapa o sistema de transmissão através da correia foi substituído por cabos. Para testes iniciais utilizou-se um botão para controle do servo motor. Na programação do Arduino foi utilizado um sistema de "Flag" para definir as posições, que variam de acordo com o ângulo (de 0° a 180°) em unidade de milissegundo.

Após ser impresso em impressora 3D com qualidade adequada, receber um sistema de velcro para fixação no braço do usuário e ter o sistema mecânico e eletrônico inseridos a órtese proposta inicialmente foi finalizada e pôde-se iniciar a análise de dados e a realização de testes para avaliar sua efetividade.



Figura 5: Órtese robotizada de mão finalizada.
Fonte: Os autores.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a finalização da órtese notou-se que o equipamento apresentou as características esperadas, entre elas: o servo motor ficou posicionado corretamente, possibilitando que os cabos fiquem tensionados e transmitam movimento; os equipamentos ficaram bem presos ao braço, possibilitando conforto ao usuário e para uso

aplicado ainda é necessário que se posicione o Arduino e a fonte externa, além de modificar o modo de acionamento.

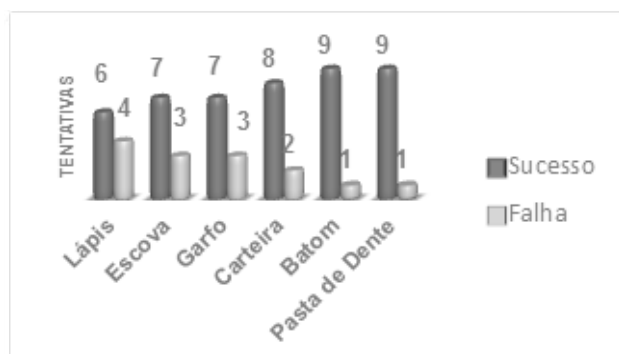
Para a realização da análise de funcionalidade da órtese adotou-se o método de pegar e largar objetos. Para esses testes de preensão pelo movimento de pinça, foram escolhidos os seguintes objetos: escova de dentes, lápis, garfo, carteira, batom e pasta de dente. Todos os objetos foram medidos e pesados, com as seguintes características.

Tabela 1: Características dos objetos.

Objeto	Peso (N)	Espessura (mm)	Material
Lápis	0,11	6	Madeira
Escova de dente	0,16	15	Plástico
Garfo	0,3	20	Aço inox
Carteira	2,8	22	Couro
Batom	1,2	20	Plástico
Pasta de dente	0,85	15	Plástico

Com os objetos escolhidos foram realizadas dez tentativas de pegada, erguida e largada com cada objeto, analisando o sucesso ou falha do movimento e suas características.

Gráfico 1: Análise de dados sobre os testes realizados.



Após a realização dos testes, observou-se que foi possível manipular pequenos objetos com dimensões variadas. É importante ressaltar que esses dados dependem muito da característica do objeto.

Para a escova de dentes, para o lápis e para o garfo houve pequenas dificuldades para definir a posição correta à aplicação de pressão, assim como o modo de pegar. A operação em si foi lenta e requereu prática do usuário. Isso ocorre porque os objetos têm uma geometria dife-

renciada e são leves. Esse problema pode ser resolvido com o ajuste do ângulo de movimentação da mão, da fixação do dedo e da força aplicada ao pegar o objeto. Já o batom, a carteira e a pasta de dentes tiveram melhor facilidade de manuseio.

Com base nos resultados dos testes pôde-se observar que a órtese realiza o movimento corretamente e possibilita que alguns objetos sejam pressionados.

A partir do desenvolvimento do projeto, foi criado o fluxograma (Figura 6), a fim de padronizar o processo de construção da órtese.



Figura 6: Fluxograma do processo.

Fonte: Os autores.

Analisando os resultados obtidos pela pesquisa, observou-se que a órtese realiza os movimentos esperados, no entanto, apresenta algumas dificuldades para manusear objetos leves, pequenos e de geometria diferenciada. O custo do seu desenvolvimento é relativamente baixo em comparação com órteses existentes no mercado. Foi possível desenvolver um fluxograma da metodologia adotada na construção do equipamento, possibilitando a padronização do método para futuro desenvolvimento do equipamento.

4 CONCLUSÃO

Através de uma pesquisa aprofundada pôde-se determinar os pontos chave necessários para a criação da órtese, buscando sempre as melhores condições, para o usuário. Dessa forma o equipamento utilizado pode ser personalizado e de fácil utilização.

Dentre as realizações da pesquisa, têm-se o reconhecimento das propriedades da mão, anatômicas e funcionais, definição do sistema mecânico e eletrônico, projeto de três protótipos, construção e testes de dois protótipos.

A partir da análise de dados, pode-se concluir que os testes com o protótipo foram realizados com sucesso. Comprovou-se que é possível construir uma órtese funcional, que permite pessoas com deficiência motora

realizar o movimento de pinça, assim como atualizações futuras. Também se conclui que é possível realizar um projeto confortável ao usuário e funcional, tendo em vista o bem-estar do usuário.

O objetivo de criar uma órtese funcional robotizada de mão, que restaurasse uma das formas de preensão de precisão polpa a polpa entre os dedos polegar e indicador, visando à restauração parcial da função da mão, foi atingido. Inclusive permitindo que a mesma tenha atualização de software de funcionamento, através da utilização de um sistema eletrônico de linguagem aberta (Arduino).

Para novas pesquisas destaca-se a necessidade de tornar o equipamento mais discreto e confortável para o usuário. Também se faz necessárias melhorias no sistema de transmissão de movimento, otimização do sistema eletrônico e de acionamento e ainda a necessidade de uma melhora na ergonomia.

A criação desse protótipo representa uma nova perspectiva de vida para pessoas com deficiência motora na mão, pois permite a execução independente de atividade diárias, um fator indutor para o ingresso no mercado de trabalho e na sociedade.

REFERÊNCIAS

[1] NAIPER, J.R. Hands. London, England: George Allen e Unwin, 1980.

[2] DIAS, Jonathan Ache; OVANDO, Angélica Cristiane. Força de preensão palmar: métodos de avaliação e fatores que influenciam a medida. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcdh/v12n3/a11v12n3>>.

[3] DE MENESES, Katia Vanessa Pinto . Desenvolvimento de um protótipo de órtese funcional para mão. UFMG, 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/SBPS-7B6HRY>>.

[4] FESS, EE; PHILIPS, CA. Hand Splinting: principles and methods. St. Louis: Mosby; 1987.

[5] RODRIGUES, Adriana M. V. N.; MANCINI, Marisa C.; Vaz, Daniela V.; SILVA, Lílían de Castro. Uso de órtese para abdução do polegar no desempenho funcional de criança portadora de paralisia cerebral: estudo de caso único. UFMG, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbsmi/v7n4/a10v7n4.pdf>>.