

12º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2021

Projeto Mecânico de uma Prótese Exoesquelética para a Articulação de Cotovelo

LUCAS BORTHOLUCCI¹, FERNANDO H. M. ROCHA²

¹ Graduando em Engenharia Mecânica, IFSP, Campus Araraquara, b.lucas@aluno.ifsp.edu.br.

² Docente – Indústria, IFSP, Campus Araraquara, fernandorocha@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.13.02.04-1Tecnologia de Próteses

RESUMO: A perda de funcionalidade parcial ou completa dos membros superiores é um problema comum em adultos e idosos e possui diversas causas, como traumas, derrames, entre outros. A literatura mostra que a reabilitação assistida por dispositivos robóticos pode auxiliar de maneira significativa na recuperação da mobilidade e funcionalidade dos membros. Desta forma, este projeto teve como objetivo criar um protótipo mecânico que simula o movimento do cotovelo e a ação do bíceps, podendo ser aplicado em reabilitação e no auxílio a movimentos repetitivos. Esse projeto foi idealizado para que seja atualizado e se torne, futuramente, um possível exoesqueleto dos membros superiores.

PALAVRAS-CHAVE: Membros Superiores; Reabilitação; Dispositivos Robóticos; Protótipo.

Mechanical Project of an Exoskeletal Prosthesis for the Elbow Joint

ABSTRACT: The loss of partial or complete functionality of the upper limbs is a communal problem in adults and the elderly and has several causes, such as trauma, strokes, among others. Literature show that robotic-assisted rehabilitation can significantly assist in the recovery of limb mobility and functionality. Thus, this project aimed to create a mechanical prototype that simulates the movement of the elbow and of the biceps, which can be applied in aiding repetitive movements. This project was designed to be updated and become, in the future, a exoskeleton of the upper limbs.

KEYWORDS: Upper Limbs; Rehabilitation; Robotics Devices; Prototype.

INTRODUÇÃO

É notório que atualmente muitas pessoas perdem o movimento dos membros por inúmeros motivos, podendo ser por dano no tecido muscular, acidente vascular cerebral, lesões na espinha, entre outros. Quando possível a recuperação desses pacientes, são realizados processos fisioterápicos que envolvem movimentos repetitivos para o ganho de tecido e memória muscular, processos que uma prótese exoesquelética pode auxiliar e dinamizar.

O exoesqueleto é uma prótese usada na parte externa do corpo, podendo ser de grande ajuda para diversas funções. Este aparelho é capaz, não somente de potencializar a capacidade humana como no trabalho de Garces (2013), mas também de potencializar a recuperação dos movimentos através de processos fisioterápicos orientados por profissionais da área. Outro aparelho que tem sido usado para tais fins é o endoesqueleto, que possui as mesmas características do exoesqueleto, porém seu uso é interno ao corpo, ou seja, é necessário que o aparelho seja inserido, na maioria das vezes, por meios

cirúrgicos, como no trabalho de Rocha (2010) Devido a maior complexidade, esse tipo de prótese é utilizado apenas quando o paciente necessita de algo definitivo.

Tendo em vista a relevância desses estudos e a possibilidade de trazer benefícios a diversos setores, este projeto inicia uma linha de pesquisa em próteses robóticas. Desenvolvendo aparte mecânica (estrutura e acionamentos) de uma prótese exoesquelética para o cotovelo, a fim de obter funcionalidades genéricas o suficiente para aplicações em diversos ramos e baixo custo.

MATERIAL E MÉTODOS

Levando em consideração a relevância do assunto apresentado anteriormente, este projeto segue uma linha de pesquisa em próteses robóticas, considerando como parâmetros iniciais as seguintes informações/requisitos:

- O cotovelo humano é capaz de se estender há um ângulo de 180° e possui maior eficiência do bíceps quando posicionado a um ângulo de 90° , assim, o protótipo terá a capacidade de mover-se no mínimo de 30° até 120° , ficando em uma faixa onde se encontra a maior eficiência do cilindro pneumático, cujo musculo que será auxiliado é o bíceps.

- O protótipo terá de ser facilmente ajustável para que seja de fácil uso em experimentos e testes.

As aplicações possíveis para esse projeto são inúmeras, entre elas: pessoas com deficiência ou em reabilitação podem usar o exoesqueleto para diminuir a carga aplicada no musculo e assim não o sobrecarregar; Funcionários de indústrias que executam trabalhos repetitivos levantando cargas pesadas podem utilizá-la para aliviar os impactos do esforço físico repetitivo, tendo maior eficiência e ergonomia na execução de suas tarefas. Por meio desse projeto poderemos adquirir conhecimento na criação e execução de projetos, desenvolver formas de acionamento dos sistemas pneumáticos, desenvolver estrutura física do exoesqueleto que será utilizada no braço, implementar o sistema de acionamento dos pistões pneumáticos, integrar a estrutura e atuadores, garantindo a compensação do peso da estrutura e validar o funcionamento do protótipo com testes de amplitude de movimento e capacidade de carga. Partimos para o estudo sobre a estrutura física do exoesqueleto e de como atuaria a parte pneumática do sistema. Essa foi uma fase que levou mais tempo que o planejado, mas foi graças a ela que os resultados obtidos atenderam às expectativas. Tendo em mente o perfil e como a estrutura se ligaria ao sistema pneumático, partimos para a confecção do projeto do protótipo, que foi desenhado e idealizado no software Solidworks.

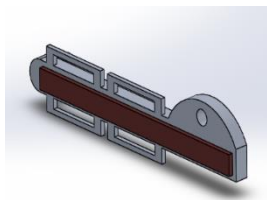


Figura 1 – Estrutura do Braço.

Fonte: Próprio autor.

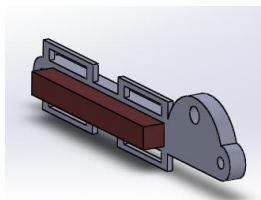


Figura 2 – Estrutura do Antebraço.

Fonte: Próprio autor.

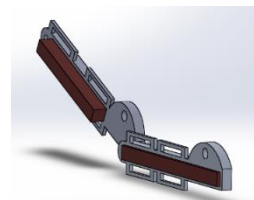


Figura 3 – Protótipo montado.

Fonte: Próprio autor.

Ao montarmos as estruturas, conseguimos dimensionar o curso do pistão pneumático e integramos ele ao projeto

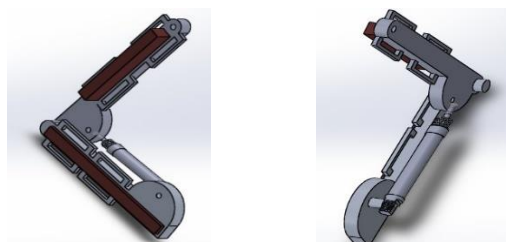


Figura 4 – Protótipo com os apoios.

Fonte: Próprio autor.

Para a próxima fase, tivemos que fazer a cotação dos materiais necessários e tivemos que esperar para que todos os componentes estivessem prontos. Ao chegarem todas as peças, teve o início da montagem do braço e da parte pneumática. Esta parte foi a mais demorada de todas pois houve diversos contratempos que atrasaram o projeto, imprevistos que englobam principalmente as duas peças da estrutura do protótipo (peças representadas pelas figuras 2 e 3). Devido a situação pandêmica que o mundo se encontrava, a impressão das duas peças foi adiada, isso pois não tinha mais a possibilidade de utilizar a impressora 3D do IFSP campus Araraquara, e não havia esse tipo de serviço na cidade.

Resolvidos os contratempos com relação as peças, a estrutura foi montada e se deram início aos testes. Os testes consistiam em verificar se todo o sistema aguentaria uma carga final (na ponta do braço) de 5 kg e se ela seria capaz de atuar sem problemas por um período médio de tempo.

Com relação a montagem é possível destacar um problema com a peça que ligaria o pistão pneumático com a segunda parte da estrutura do protótipo. A primeira tentativa foi feita com várias porcas soldadas, as quais não suportaram os testes.



Figura 5 – Componente que falhou.
Fonte: Próprio autor.



Figura 6 – Componente quebrado.
Fonte: Próprio autor.

Depois de muitos dias tentando reparar a peça e testando novamente, optamos por fazer a peça com uma estrutura única, que levamos a um torneiro e encomendamos a sua fabricação.



Figura 7 – Peça nova.
Fonte: Próprio autor.



Figura 8 – Peça instalada.
Fonte: Próprio autor.

Para a parte pneumática foi utilizada uma válvula dupla solenoide 5/3 vias de $\frac{1}{4}$ com o centro fechado, juntamente com um encanamento de 6mm, uma fonte de 12V e dois botões para o acionamento, como mostrado nas fotos abaixo:



Figura 9 – Válvula Duplo Solenoide.
Fonte: Próprio autor.



Figura 10 – Saída do compressor e encanamento 6mm.
Fonte: Próprio autor.



Figura 11 – Fonte 12V.
Fonte: Próprio autor.



Figura 12 – Botão para acionamento.
Fonte: Próprio autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após algumas alterações e muito tempo de montagem, foi possível ter uma estrutura segura e que cumpria com os objetivos que foram estipulados.

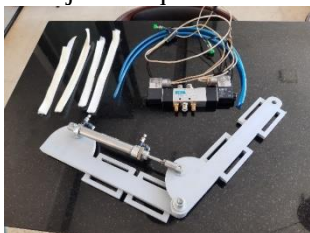


Figura 13 – Componentes separados.
Fonte: Próprio autor.



Figura 14 – Componentes montados e prontos.
Fonte: Próprio autor.

Com relação ao funcionamento geral, o protótipo se comportou muito bem, o acionamento foi bom e foi possível observar os resultados de uma forma efetiva. O protótipo foi testado com 8 Bar de pressão (regulado diretamente no compressor) e alcançou uma força de aproximadamente 3 kg na ponta do braço (medido com o auxílio de uma balança), o que foi suficiente para compensar o peso do protótipo e mover o braço de quem o utilizou.

Com vários testes feitos identificamos alguns pontos de atenção: O local onde o pistão pneumático foi colocado começou a desfiar levemente com a porca que ali estava (Figura 16); a dificuldade de fabricação de uma peça para ligar a estrutura do braço no pistão; as várias falhas do pistão pneumático devido ao acúmulo de água no sistema e a alavanca criada na ponta do protótipo, onde ficaria a ligação do ombro.



Figura 15 – Desfiamento da estrutura.
Fonte: Próprio autor.

Foi proposto que o protótipo tivesse o movimento de no mínimo 30° até 120°. O resultado foi que o movimento está entre 90° e 180°, o qual foi mais que suficiente.

Observando os resultados obtidos podemos concluir que: O uso de uma cola ou de um tipo de revestimento que não permitisse o contato direto da porca com a estrutura do braço impressa em 3D evitaria o desfiamento; a impressão da estrutura já poderia contar com o suporte que ligaria o pistão pneumático (figura 5); utilizar um filtro para diminuir a umidade do ar e preservar mais os componentes pneumáticos evitaria as falhas do pistão nos testes; a adição de um apoio no ombro ajudaria na estabilidade do projeto, principalmente quando o protótipo fosse exposto a uma pressão acima de 8 Bar de pressão.

Também pode-se inferir que o ângulo de funcionamento obtido foi bom, isso pois o ângulo idealizado no início de 30° seria muito pequeno para fechar o braço. Com o ângulo de 90° é possível ter uma abertura completa do braço, chegando a 180°, assim se tornando mais utilizável para diversas funções.

Os próximos passos deste trabalho seriam a complementação de um suporte no ombro e uma otimização do sistema pneumático, colocar os botões de acionamento do sistema da mão do operador (podendo assim usá-lo com apenas uma mão) e atualizar a estrutura do projeto para uma estrutura mais

estreita, isso pois a largura pode ser diminuída para que reduza o peso do protótipo. Podem também ser feitos outros trabalhos a partir deste, como a criação de uma estrutura que ligaria toda a parte superior do corpo ou uma estrutura que abrangesse todos os membros, desde braços e cabeça até as pernas e pés. Também podem ser criados protótipos de máquinas que usem o mesmo princípio de funcionamento pneumático do criado neste estudo, aumentando exponencialmente as suas aplicações.

Com relação com o custo do equipamento, segue a tabela:

Tabela 1: Custos do Protótipo.

Material	Botões e encaixes da fonte de alimentação	Porcas e Parafuso	Conectores pneumático	Peça do Torneiro	Válvula Duplo Solenoide	Custo sem o Pistão Pneumático	Custo com o Pistão Pneumático
Custo	R\$33,10	R\$ 15,00	R\$ 84,41	R\$ 40,00	R\$ 103,90	R\$ 276,41	R\$ 401,41
OBS	Não inclui o valor da fonte		Não inclui o valor do pistão e do compressor				Valor médio de um pistão: R\$ 401,41

Obs.: Custos referentes ao ano de 2020.

Fonte: Próprio autor

CONCLUSÕES

Mesmo com as dificuldades e com os problemas observados ao longo dos testes, pode-se dizer que o trabalho atendeu com os objetivos iniciais. Foi feito um protótipo de uma prótese exoesquelética para a articulação do cotovelo funcional e que também pode ser aplicado de várias formas diferentes, desde a recuperação de pacientes até mesmo em uso industrial.

Com a correção dos problemas e a implementação dos próximos passos, é possível que se tenha um protótipo que possa atender todos os membros superiores e, possivelmente, um protótipo com todos os membros do corpo.

REFERÊNCIAS

GARCÉS, Daniela Sofia Cruz. Exoesqueleto Robótico Para Aumentar A Capacidade Física Do Membro Superior Humano. 2013. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ROCHA, Alisson Peruck. Proposta de desenvolvimento de joelho mecânico hidráulico de baixo custo para próteses endoesqueléticas. 2010. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Fisioterapia, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010.