

MÃO ELETROMECHANICA: PESQUISA E CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPO

Data de submissão: 11/01/2024

Data de aceite: 01/02/2024

Anthony Eduardo Maciel Mendes

Tecnico em Eletromecânica pelo IFC-
Campus Blumenau

Gustavo Will Simas

Tecnico em Eletromecânica pelo IFC-
Campus Blumenau

Isabeli Rech Serezina

Tecnico em Eletromecânica pelo IFC-
Campus Blumenau

João Vitor Fantoni

Tecnico em Eletromecânica pelo IFC-
Campus Blumenau

Julia Ohana Machado Paz

Tecnico em Eletromecânica pelo IFC-
Campus Blumenau

Luis Gustavo Lorena

Tecnico em Eletromecânica pelo IFC-
Campus Blumenau

Luka Pereira Marciano

Tecnico em Eletromecânica pelo IFC-
Campus Blumenau

Sophia Santos da Costa

Tecnico em Eletromecânica pelo IFC-
Campus Blumenau

RESUMO: Com base em muitas pesquisas, a realização de um projeto envolvendo programação e construção chamou a atenção do grupo. Desta forma, a aplicação de conhecimentos técnicos e elaboração de um protótipo de mão robótica regem o alinhamento do projeto descrito neste artigo. Sabe-se que a estrutura de uma mão, na normalidade, é composta por cinco (5) dedos, sendo que cada um deles contam com terminações ósseas que são separadas e diferenciadas por falanges, o que garante o dobramento e movimentos básicos dos dedos. A partir disso, se espera projetar essas características em meios mecânicos e elétricos, respectivamente nos servomotores e na placa de Arduino, recorrendo também a tecnologias como a impressora 3D para produzir as peças. Desta maneira, conseguindo construir com aptidão e o máximo de excelência possível um protótipo de mão eletromecânica, que contém um funcionamento de espelhar os movimentos de uma mão real, por meio de uma luva, com um sistema de sensores.

PALAVRAS-CHAVE: Mão Robótica. Arduino. Impressão 3D. Servomotores.

ELECTROMECHANICAL HAND: RESEARCH AND PROTOTYPE CONSTRUCTION

ABSTRACT: Based on much research, carrying out a project involving programming and construction caught the group's attention. In this way, the application of technical knowledge and the development of a robotic hand prototype govern the alignment of the project described in this article. It is known that the structure of a hand, normally, is made up of five (5) fingers, each of which has bone endings that are separated and differentiated by phalanges, which guarantees the bending and basic movements of the fingers. From this, it is expected to design these characteristics in mechanical and electrical means, respectively in the servomotors and the Arduino board, also using technologies such as 3D printing to produce the parts. In this way, managing to build with aptitude and the maximum possible excellence a prototype of an electromechanical hand, which contains a function of mirroring the movements of a real hand, through a glove, with a system of sensors.

KEYWORDS: Robotic Hand. Arduino. 3D printing. Servomotors.

1 | INTRODUÇÃO

Este projeto de pesquisa consiste em elaborar um protótipo de mão eletromecânica com embasamento nos estudos principalmente sobre arduino e mecânica. A proposta é aplicar os conteúdos abordados ao longo dos três anos de curso técnico em eletromecânica que os integrantes encontram-se cursando, recorrendo a conhecimentos adquiridos nas mais diversas áreas do curso, como: CAD (desenho assistido por computador), automação industrial, eletrotécnica, materiais mecânicos, resistência dos materiais, entre outros.

Em conjunto, percebeu-se o profundo interesse em esferas relacionadas à automação e principalmente o uso do arduino. Assim, a decisão do projeto levou em conta tópicos como a viabilidade executiva de programar as funções (sendo esse um dos principais tópicos do projeto) e estar de acordo com o orçamento financeiro dos estudantes.

A produção do projeto se inicia com a procura de artigos baseados no tema, justamente para que fundamentações fossem encontradas buscando direcionar de forma precisa o embasamento do futuro protótipo, bem como a confecção de esboços, acumulados de ideias para execução sistemática, visual e funcional, além da escolha das peças e desenvolvimento do desenho técnico no CAD para obter-se uma visão mais detalhada sobre tamanhos e dimensões que serão utilizadas. Por meio dessa análise, a criação de peças para compor e dar forma ao protótipo em desenvolvimento será executada com o suporte de uma impressora 3D, o que acarretará produções práticas, versáteis e principalmente com um bom acabamento visual.

Tendo como objetivo a montagem prévia, foi possível por meio do levantamento de peças necessárias para a produção da mão, adquirir e comprar as mesmas. Dentre as compras efetuadas, estão: placa de Arduino, servomotores e luva. Por meio das pesquisas e dos levantamentos realizados, estima-se que, em média, o custo da mão eletromecânica (considerando peças, componentes e equipamentos) deve variar numa faixa entre R\$

136,00 e R\$ 154,00, que será dividido igualmente entre os oito (8) componentes do grupo, resultando em cerca de R\$ 17,00 - R\$ 19,25 para cada.

Com a conclusão do protótipo, estima-se obter um aproveitamento técnico na área de eletromecânica, e experiência pessoal trabalhando na cooperação entre os participantes do grupo, desenvolvendo suas capacidades de trabalho em equipe.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

A escolha da produção de uma mão robótica se deu pelo entusiasmo em trabalhar na construção da mesma, principalmente por conta de sua parte tecnológica constituída por diferentes áreas, como programação, mecânica e eletrônica, que serão aplicadas com o objetivo de realizar toda a movimentação da mão bem como trazer maior precisão aos movimentos gerais. Essa ampla aplicação de diferentes áreas chamou atenção, cativando os alunos envolvidos.

“Em analogia com uma máquina, a mão é uma ferramenta terminal com atuadores exercendo várias funções como prensão de objetos, movimentação, sensibilidade à textura e temperatura. (RIBEIRO, 2016).”

Boa parte dos artigos referentes a mãos robóticas tratam como objetivo principal a utilização destas como próteses humanas, levando em consideração que muitas pessoas têm seus membros superiores amputados e precisam desse tipo de equipamento, contudo, a construção de uma prótese adequada para este uso possui um custo muito elevado, principalmente pelo fato de que a maior parte das peças não são produzidas no Brasil. Tendo isso em vista, este artigo e projeto trata de uma prova de conceito, onde uma mão robótica será construída utilizando impressão 3D, servomotores e Arduino como principais fontes de interesse e aprendizado.

A impressão 3D tem como alicerce a extrusão plástica e a construção de camadas, diferente de algumas máquinas que retiram o material de blocos maciços para obter a forma desejada. O equipamento é constituído por 3 eixos: X, Y e Z, e funciona desta forma: um bico extrusor desliza sobre o eixo X, uma mesa desliza pelo eixo Y e o terceiro eixo (Z) permite a regulação da altura. Motores de passo controlam os eixos e um circuito eletrônico integrado controla a temperatura do bico extrusor e da mesa (AZEVEDO, 2013).

“Atualmente, a popularização e disseminação do conhecimento sobre a construção e manutenção de impressoras 3D, permitiram que empresas de pequeno porte, centros de pesquisa e até mesmo pessoas físicas, em suas residências, tenham esta ferramenta para construção de peças com geometria simples ou complexas e em diferentes tipos de materiais como, por exemplo, PLA, ABS e Nylon.” (RIBEIRO, 2016).

Com este recurso sendo de fácil acesso em boa parte da sociedade, o interesse nesse meio de criação vem crescendo de forma desenfreada, acrescido a isso, há a programação, que é algo amplamente difundido atualmente e de grande relevância no

aprendizado de muitos jovens. Com os conhecimentos na área de eletromecânica, e a grande atração por robótica, este projeto juntou ambos os interesses acadêmicos em um só. Desse modo, a parte estrutural é feita utilizando impressão 3D, enquanto a parte de programação, aplicada no “cérebro” da mão, será desenvolvida com base no Arduino.

“A Placa Arduino consiste em uma plataforma de microcontrolador de código aberto e linguagem padrão baseada em C/C++ e em softwares e hardwares livres, permitindo seu uso como gerenciador automatizado de dispositivos de aquisição de dados de sensores de entrada e de saída.”

O sistema de programação de um Arduino é, de certo modo, um dos mais acessíveis e descomplicadas para se utilizar na robótica, consistindo basicamente em um microcontrolador AVR ou ARM da Atmel, que utiliza por padrão a linguagem de programação C/C++ , como citado acima.

Além do interesse pelas áreas que o projeto aborda, outra grande motivação para o desenvolvimento dele foi o robô humanoide INMOOV. Criado pelo escultor francês Gael Langevin, o robô possui tamanho real e foi criado inteiramente utilizando impressão 3D, onde todo o projeto foi desenvolvido dando enfoque nos braços, que podem ser transformados em próteses com movimentos semelhantes aos naturais além de se preocupar com a parte estética dos mesmos (RIBEIRO, 2016).

“Há centenas de anos percebeu-se a necessidade de criar artificialmente próteses para membros perdidos. Existem registros de próteses funcionais em 500 anos antes de Cristo, mas nos séculos XV e XVI estão os grandes marcos de suas construções. Tendo destaque Leonardo da Vinci e Ambroise Paré que desenvolveram próteses funcionais para membros inferiores e superiores de forma engenhosa para a época (BOCCOLINI, 1990).”

A mão é um membro muito importante para o corpo, possuindo muitas funções complexas de se reproduzir, como prova disso, muitos projetos analisados retiram o polegar do projeto, já que sua movimentação é muito complicada de ser recriada de forma simples e com preço acessível. Executando diversas tarefas complexas, a mão assume várias configurações, tanto dinâmicas como estáticas. Por se localizar na parte mais distante do braço, possibilita o alcance de objetos em qualquer posição e orientação, levando em consideração suas limitações. Essa grande mobilidade se deve às articulações do braço, em particular a do ombro, que é a articulação com maior grau de liberdade do corpo humano (HAIDUK, 2018).

“A mão possui 23 graus de liberdade (GDL), permitindo grande funcionalidade, maleabilidade e a capacidade de se adaptar aos mais diferentes tipos de formatos dos objetos. Os 23 graus são divididos da seguinte forma: 2 para a palma da mão, 5 para o polegar e 4 para cada um dos outros dedos. Essa grande mobilidade se deve a 17 articulações, 27 ossos e 19 músculos que compõem a mão e diversos tendões ativados pelos músculos do antebraço.” (HAIDUK, 2018).

Pode-se observar na Figura 1 os conjuntos de ossos que compõem a mão humana

e suas respectivas nomenclaturas.

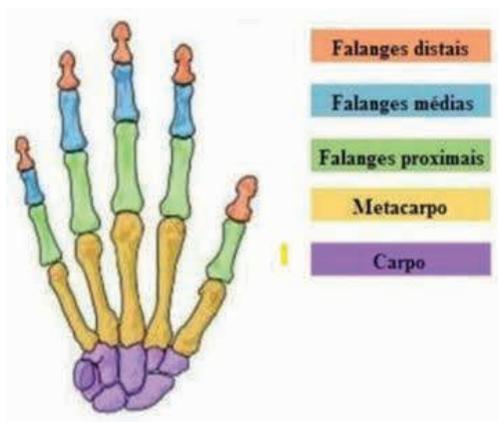


Figura 1 - Nomenclatura dos ossos que compõem a mão.

Fonte: JUNIOR, 2018.

Pelos dedos serem divididos em cinco raios principais podem realizar movimentos de extensão e flexão, além de aduções e abduções, com as amplitudes e limites destes movimentos variando muito de pessoa para pessoa (JUNIOR, 2018).

“Conhecendo a anatomia do sistema muscular, articular e nervoso dos membros, é possível desenvolver e fabricar próteses com movimentos mais próximos aos movimentos humanos” (HAIDUK, 2018).

Analisando os outros atributos e funções da mão, podemos citar e enfatizar neste projeto o agarramento. Ele se destaca muito já que depende da união do objeto com a mão, variando conforme características físicas (temperatura, peso e material) e geométricas (tamanho e forma), além do tipo de garra ou preensão escolhida para segurá-lo. As forças inseridas nessa ação podem ser a força peso ou algum tipo de perturbação do objeto (ex: vibração), as forças geradas pelos músculos e o atrito gerado entre o objeto e a pele (HAIDUK, 2018).

“O atrito é essencial no equilíbrio das forças originadas do objeto com as forças originadas da mão. Evita o deslizamento do objeto, pois age de forma proporcional à área de contato entre a mão e o objeto. Isso se deve a uma série de fatores, que juntos, previnem o deslizamento do objeto entre os dedos. Esses fatores são: reentrâncias concêntricas, chamadas de digital; unha; as ligações fibrosas entre a membrana que contorna os ossos; e as glândulas sudoríparas que deixam a pele com um aspecto mais adesivo (TUBIANA, 1981).” (HAIDUK, 2018).

Uma das soluções encontradas que são utilizadas em próteses de impressão 3D, para tentar reproduzir estes fatores, é a adição de borracha ou algum tipo de plástico aderente para evitar que objetos segurados por ela caiam. Há diversos materiais que podem ser utilizados para imitar a pele humana em relação à textura e funcionalidade, um

exemplo é o Látex Natural Pré- Vulcanizado, que tem elevada deformação aliada a boa elasticidade, sendo capaz de voltar à sua forma após a deformação; além de ser acessível e relativamente barata (RIBEIRO, 2016). Outros exemplos (nem tão práticos e resistentes para o intuito da pesquisa) são: borrachas e silicones (elásticos e aderentes, mas com pouca resistência à deformação), plásticos (aderentes, mas muito rígidos ou fracos), entre outros.

Outro ponto que se deve observar é a força muscular humana. Por mais que varie dependendo do sujeito, ela pode ser definida como a habilidade de um músculo em resistir ou produzir uma força, e é classificada como: isotônica, isométrica e isocinética. Para medir a força muscular, utiliza-se um instrumento chamado dinamômetro, que mede a força isométrica (estática) através da execução de uma força em objeto móvel (HAIDUK, 2018). Tais forças serão analisadas e implementadas durante a execução do projeto para que a finalização dele traga diversas possibilidades e usos dentro dos limites em que for construído.

Ainda se tratando das forças, as que serão mais utilizadas para os objetivos retratados são: isotônica e isométrica. A força isométrica será a realização de esforços sem movimento para, por exemplo, manter uma posição específica. Já a força isotônica gera certo movimento, como no alongamento e contração dos músculos. Esses dois tipos de força serão bastante utilizados em diversos casos reais ao qual a mão robótica poderá ser submetida.

3 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Após compreensão e análise das pesquisas, foram iniciados, no software AutoCAD, os desenhos técnicos da mão, com dimensões e tamanhos, para assim se ter uma visão concreta do que precisaria ser feito. A partir dos esboços dos desenhos foi feita a modelagem das peças, no Software Inventor, e a impressão das mesmas na impressora 3D. Dessa maneira teria-se em mãos os objetos necessários para a montagem do projeto.

Posteriormente à pesquisa, verificou-se o funcionamento e importância dos movimentos dos dedos. Em vista disso, foram construídos dois modelos de dedos: o primeiro que serviria de molde para o indicador, médio, anelar e o mínimo; e o segundo que serviria de modelo para o polegar.

O primeiro modelo seria, de forma geral, dividido em três partes, assim como as falanges. A ponta do dedo foi feita de forma curvada, para permitir que a mão segure objetos. O meio foi feito com dois encaixes, para que na hora da montagem fosse possível a fixação das outras duas partes. A última peça do dedo encaixa tanto no meio quanto na costa da mão. A diferença entre o modelo para a versão final dos quatro outros dedos, é a altura da peça do meio, ao qual é maior para o dedo médio, de mesmo tamanho para o indicador e anelar, e de menor para o mínimo.

O segundo modelo de dedo foi dividido em duas partes inicialmente, mas após mais análises, o desenho e forma de funcionamento do dedo polegar foram mudados, já no software Inventor então, ao qual invés de ser conectado na mão como os outros dedos foi modificado para se mover de forma parecida a uma dobradiça. Em seguida foi produzido, também no software AutoCAD, o desenho técnico da palma da mão, da costa da mão e do punho.

O desenho da palma da mão tem a função de “tampa”, ela tem as bordas de canto para encaixe com a costa da mão, e o meio dela é removível. A costa da mão tem na sua parte interna túneis, que foram elaborados para que imitassem as veias de sangue de uma mão real, que têm como função guardar os fios que movem os dedos, estes túneis foram feitos para que os fios de todos os dedos não se enrolassem uns nos outros. A parte externa da costa da mão possui várias elevações para que, na hora da impressão, seu design ficasse mais elaborado.

Posteriormente à finalização do desenho no AutoCAD, iniciou-se a construção do projeto no software Inventor, neste programa, foram montados modelos 3D dos dedos e da palma. Com esta transição de programa ocorreu modificações nos desenhos, com grande foco no polegar e na fixação da palma no punho, onde o polegar e a palma passaram a se fixar, respectivamente, na palma e no punho por meio de um pino, que se move de uma forma similar a uma dobradiça. Com todos os esboços do projeto prontos, o código de Arduino, para o funcionamento da mão, foi construído.

Como citado nos objetivos do projeto, o protótipo se moverá de forma espelhada a uma mão, por meio do uso de sensores, servomotores e principalmente o arduino. O arduino é uma placa de prototipagem, constituída por software e hardware, que serve de auxílio na construção de códigos. No projeto de mão, que é idealizado e construído neste artigo, o código no arduino é o que fará a mão impressa copiar os movimentos que a mão real fizer. Nas linhas do código, é descrito, de forma precisa, os ângulos que os servomotores podem se mobilizar, que devem replicar os movimentos que forem lidos pelo sensor de movimento presente na luva, o que conseqüentemente, fará com que o protótipo de mão se mova do jeito que a pessoa, que estiver usando a luva, desejar.

Toda a parte mecânica de movimentação da mão foi feita utilizando servo motores, que atuam recebendo sinal do arduino com o ângulo de giro que devem realizar, com isso, é possível controlar individualmente cada dedo, bem como seu grau de deslocamento, podendo ocupar qualquer posição entre totalmente aberto e totalmente fechado. Para tal, foram utilizados sensores flexíveis, que por meio da resistência exercida no mesmo alteram as informações enviadas ao arduino, o qual, por conseguinte, manda o sinal aos servos motores.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com todos os desenhos feitos a impressão foi iniciada, contudo, no primeiro modelo de impressão foram encontrados problemas, o principal deles foi o tamanho. Em comparação com a dimensão desejada e esperada, o protótipo do dedo impresso era extremamente pequeno e frágil (Figura 2 e Figura 3), sendo assim, muito fraco para se movimentar ou se fixar em suas peças, além de muito reduzido em dimensões para simular uma mão com excelência.



Figura 2 - Peças do primeiro protótipo impresso.

Fonte: Autoral.



Figura 3 - Protótipo impresso do dedo montado.

Fonte: Autoral.

Outro problema foi em relação ao sensor de pressão e movimento. Inicialmente a proposta era a construção deste sensor por parte dos estudantes, mas por problemas de funcionamento teve-se que ser necessário a compra deles com o auxílio de um professor. O protótipo desse sensor que foi construído era constituído de duas placas de alumínio, retiradas de uma lata 350 ml de Coca-Cola, com dois fios entre elas. O defeito desta peça foi que não havia precisão de movimento, o servo motor não modificava junto a pressão posta no protótipo, o que conflitava com o objetivo do projeto.

Após discutir este problema com um professor, houve a sugestão de onde comprar um sensor de pressão e movimento adequado, e que atendia as especificações necessárias. Com isso, houve a compra de dez sensores, aos quais serão distribuídos em dois a cada dedo, um em cima e outro em baixo, para que assim haja a medição e leitura de movimento

da forma certa e almejada.



Figura 4 - Modelo final dos dedos.

Fonte: Autoral.

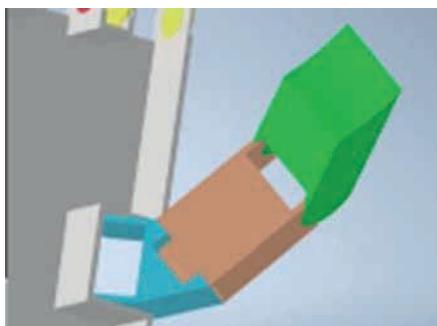


Figura 5 - Modelo final do polegar.

Fonte: Autoral.

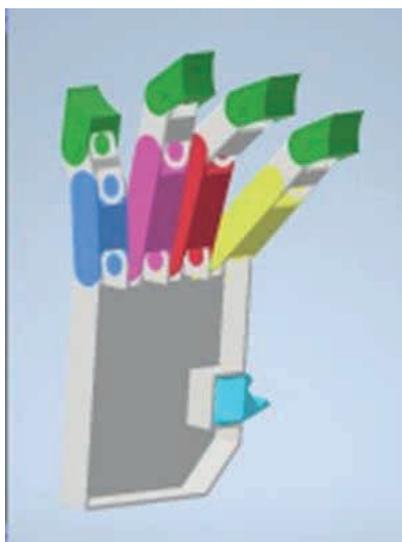


Figura 6 - Modelo final da mão.

Fonte: Autoral.

Visto que as impressões e montagens do projeto ainda não foram finalizadas, os atuais problemas encontrados já foram examinados e corrigidos e discussões e melhorias são sempre pontuadas entre os estudantes e ponderadas a serem executadas. Dessa forma, o atual projeto, mão eletromecânica, pode ser visualizado nas figuras 4, 5 e 6 em uma projeção 3D, realizado no software Inventor.

5 | CONCLUSÃO

O objetivo geral do presente projeto é desenvolver uma arquitetura que permita a exploração e ambientação das áreas tecnológicas da programação, mecânica e eletrônica, de maneira distribuída, sobretudo em mérito do aprendizado. Nesse sentido, é realizada uma revisão das áreas de conhecimento necessárias, de forma que a realizar e suscitar na produção de uma mão eletromecânica funcional, mas não, a princípio, substituinte de uma prótese humana.

Apesar da íntegra conclusão do projeto, futuras atribuições e aprimoramentos são uma possibilidade, especialmente análogas ao acréscimo de funcionalidades, onde seria visível um enorme leque de enfejos a serem sondados.

Por ora, o projeto se contenta com a obtenção do pleno controle do protótipo, desempenhando notoriamente as funções pré-estabelecidas a ele.

REFERÊNCIAS

MARTINAZZO, Claodomir Antonio; TRENTIN, Débora Suelen; FERRARI, Douglas; PIAIA, Matheus Matiasso. ARDUINO: UMA TECNOLOGIANO ENSINO DE FÍSICA. PERSPECTIVA, Erechim.v.38, n.143, p.21-30, setembro/2014.

RIBEIRO, William Candido; MIYADAIRA, Alberto Noboru; FERRUZZI, Yuri. DESENVOLVIMENTO DE MÃO ROBÓTICA DE BAIXO CUSTO. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, v.1, n.13, p.93-99, jan./jun.2016.

CARVALHO, Gustavo Longhi de. Proposta de um método de projeto de próteses de membros superiores com a utilização da engenharia e análise do valor. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CUNHA, Fransérgio Leite da. Mão de São Carlos, uma prótese multifunção para membros superiores: um estudo dos mecanismos, atuadores e sensores. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

THOMAZONI, Lucas. Análise e implementação de protótipo de mão robótica. 2015.

POLIS, João Eduardo et al. Projeto e construção de parte estrutural de prótese de mão humana com movimentos. Campinas, SP, p. 21, 2009.

H Aiduk, Pedro Felipe. Pesquisa e desenvolvimento estrutural de prótese de mão utilizando impressão 3D. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

FONSECA, Gonçalo Pereira da. Atribuição de propriedades somatosensoriais a uma prótese de membro superior. 2023. Tese de Doutorado.

LOPES, Jeferson Andris Lima; ALMEIDA, Lucas Coelho. Metodologia para concepção de prótese ativa de mão utilizando impressora 3d. 2013.