

PROJETO FRIDAY: CONSTRUÇÃO DE UMA PRÓTESE MICROCONTROLADA DE BAIXO CUSTO

GISLAINE DE ALMEIDA MAIA 

*Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil, 60020-181,
gislainealmeidam@gmail.com*

THIAGO COSTA MOREIRA 

*Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará,
Fortaleza, CE, Brasil, 60040-531, thiagocostamoreira1@gmail.com*

FABIANA DA SILVA MAIA 

*Escola Estadual de Educação Profissional Avelino Magalhães, Tabuleiro
do Norte, CE, Brasil, 62960-000, fabianasmaia@yahoo.com*

RESUMO

Segundo o censo de 2010 do IBGE, cerca de 23,92% da população brasileira possui pelo menos um tipo de deficiência, porém poucos desses indivíduos possuem acesso aos recursos necessários para sua autonomia. A presente pesquisa visa construir uma prótese de mão microcontrolada com baixo custo que possa ser utilizada como um método de tecnologia assistiva para pessoas com deficiência, ou como um equipamento de proteção individual a fim de diminuir possíveis acidentes de trabalho. O protótipo foi construído a partir de materiais como poliácido láctico e policloreto de vinila, apresenta cinco módulos para controle (Bluetooth, Wifi, sensor de voz, luva espelho e sensor muscular) e usa da linguagem C++ para movimentação dos servos motores. Para avaliação, foram realizados testes do funcionamento da prótese com potenciais usuários, concluindo que o projeto obteve êxito nos seus objetivos e deve ser continuado com a realização de algumas adaptações conforme as opiniões obtidas.

Palavras-chave: Prótese microcontrolada. Deficiência. Tecnologia Assistiva. Mão.



PROJECT FRIDAY: CONSTRUCTION OF A LOW-COST MICRO-CONTROLLED PROSTHESIS

ABSTRACT

According to the 2010 census from IBGE, about 23.92% of the Brazilian population has at least one type of disability, but few of these individuals have access to the resources necessary for their autonomy. This research aims to build a low-cost micro-controlled hand prosthesis that can be used as an assistive technology method for people with disabilities, or as individual protection equipment to reduce possible accidents at work. The prototype was built from materials such as polylactic acid and polyvinyl chloride. It has five control mechanisms (Bluetooth, Wifi, voice sensor, mirror glove, and muscle sensor) and uses the C++ language to move the servo motors. For evaluation, tests of the prosthesis functioning were carried out with potential users, concluding that the project was successful in its objectives and should be continued with the realization of some adaptations according to the opinions obtained.

Keywords: Micro-controlled prosthesis. Disability. Assistive technology. Hand.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Kapandji (2000), a mão está dotada de uma grande riqueza funcional que lhe proporciona uma superabundância de possibilidades nas posições, nos movimentos e nas ações. Ainda seguindo essa linha de pensamento, ele afirma que a mão do homem, na sua complexidade, se realiza como uma estrutura perfeitamente lógica e adaptada às suas diferentes funções. Nesse sentido, compreende-se a importância da mão para o corpo humano, tornando necessário voltar a atenção para aqueles indivíduos que não a possuem e em qual contexto social estão inseridos.

Segundo o censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 23,92% da população brasileira possui pelo menos um tipo de deficiência (seja auditiva, visual, motora e/ou intelectual), além de que, dentro desse grupo, aproximadamente 29,09% é portador de deficiência motora (2010 apud MORAES, 2018). Dentro desse cenário, coube ao Estado assegurar, através da legislação e do acesso de serviços pelo Sistema Único de Saúde (SUS), meios apropriados para garantia dos direitos de saúde, integração/reintegração e bem-estar desses indivíduos dentro da sociedade:

Os Estados Partes tomarão todas as medidas apropriadas para assegurar às pessoas com deficiência o acesso a serviços de saúde, incluindo os serviços de fisioterapia, que levarão em conta as especificidades de gênero. (BRASIL, 1988, 2009ª apud CARO et al., 2014).



Dentre essas medidas, encontra-se o conceito de tecnologia assistiva que será adotado nesse artigo. Esse refere-se a toda aquela tecnologia “usada para auxiliar no desempenho funcional de atividades, reduzindo incapacidades para a realização de atividades da vida diária e da vida prática” (MELLO, 1997 apud ROCHA; CASTIGLIONI, 2005), sendo essa uma ação interdisciplinar e podendo ter como exemplo o uso de próteses como instrumento auxiliador.

Apesar dos direitos garantidos por algumas leis, como o decreto 3.298, que dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência (MINISTÉRIO DA JUSTIÇA, 1999), e a existência de instituições como a Associação Brasileira de Ortopedia Técnica (ABOTEC) que visa o desenvolvimento técnico-científico da ortopedia no Brasil, poucos indivíduos com deficiência física possuem acesso a tal tecnologia e equipamento. De acordo com dados da ABOTEC, menos de 3% das pessoas com deficiência possuem acesso a uma prótese de alta tecnologia (apud COLLUCCI, 2004), e isso se dá, principalmente, pela “ausência de recursos financeiros para aquisição de tais dispositivos e por custeio insuficiente de tecnologia assistiva por parte dos órgãos públicos de saúde” (CARO et al., 2014). O preço que uma prótese de alta tecnologia de membros superiores possui no mercado – próteses biônicas e mioelétricas - varia entre 120 mil e 200 mil reais (SAWADA, 2015), já modelos de próteses comerciais ativas estariam com valores entre 100 mil e 300 mil reais (MORAES, 2018), valores inacessíveis para indivíduos de camadas sociais inferiores.

Além disso, de acordo com um estudo realizado nas metalúrgicas de Osasco - SP, os membros superiores aparecem como os mais atingidos em acidentes de trabalho, cerca de 50% dos casos, e resultando majoritariamente em amputações (HUNOLD et al., 2014). No mesmo sentido, o Ministério do Trabalho afirma que entre os anos de 2011 e 2013 ocorreram cerca de 12 amputações de membros por dia, sendo suas principais causas o manuseio de equipamentos e máquinas sem uma proteção devida (VIEIRA, 2015).

Em suma, percebe-se que apesar de ser um direito afirmado por lei, poucos indivíduos são possuidores de próteses, conseqüentemente não tendo a disponibilidade desse tipo de tecnologia assistiva. Ademais, também foi refletido um alto índice de acidentes de trabalho que ocasionam a necessidade desse instrumento, principalmente quando relacionado aos membros superiores. É válido ressaltar que as estatísticas acerca do tema ainda são demasiadamente imprecisas e escassas na literatura, restringindo uma análise mais atual e aprofundada acerca do cenário das próteses e da deficiência física no Brasil.

Baseado nos dados citados, viu-se a necessidade da fabricação de um produto que, ao ser construído com materiais de menor custo, possa ser



disponibilizado para a população de baixa renda mais facilmente, auxiliando na melhoria da qualidade de vida. Assim, o presente artigo visa descrever o desenvolvimento e resultados do projeto denominado Friday, nomeado a partir de referência à cultura pop e ao universo de HQ's, sem possuir uma relação técnica específica. Esse projeto tem como objetivo o uso de componentes eletrônicos e não eletrônicos de baixo custo como um recurso de desempenho satisfatório para a construção de próteses de membros superiores, de modo a desempenhar as atividades manuais rotineiras de um ser humano. A partir disso, que consiga ser produzido um instrumento que funcione como tecnologia assistiva para pessoas com deficiência física e/ou para o uso como um equipamento de proteção individual (EPI).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa contou com diferentes fases. A primeira foi uma revisão bibliográfica por meio da leitura de pesquisas e artigos para aperfeiçoamento do conhecimento sobre programação e utilização de servos motores através do canal PWN (Pulse Width Modulation). Além disso, buscou-se encontrar projetos semelhantes que já tenham sido desenvolvidos, de modo a compreender os avanços já realizados na área e quais pontos ainda precisam de melhoria e adaptação. Destacam-se três: o protótipo de um joelho eletrônico (MORAES, 2018), uma prótese de mão robótica de LEGO (HUNOLD, 2014) e um protótipo de prótese de uma mão humana microcontrolada para crianças (BARBOSA; SUNDFELD; SILVEIRA; ARÊDES, 2006).

Em segundo momento, foram analisados quais seriam os materiais mais adequados e acessíveis para a estrutura física da prótese, deixando-a robusta e resistente, além também da escolha dos materiais eletrônicos e de possíveis formas de controle da movimentação. Optou-se para a parte prática da construção o material de PLA (poliácido láctico) por ser biodegradável - buscando evitar possíveis alergias que o plástico ABS poderia causar - o utilizando em uma impressora 3D para moldá-lo no formato de uma mão humana (Figura 02). Para a construção do antebraço utilizou-se um cano PVC (policloreto de vinila) moldado ao fogo, deixando-o com um formato próximo ao da parte do corpo proposta e com um corte frontal para permitir a criação de um compartimento dos materiais que geram a movimentação da prótese. Para a parte eletrônica em si foram necessários servos motores, Arduino, fonte de alimentação, baterias de 5V e 9V, um sensor e/ou transmissor específico para cada módulo e sensores EMG (eletromiográficos). Com esses materiais em mãos, partiu-se para a etapa da construção da prótese, colocando os componentes descritos anteriormente no compartimento criado e fazendo sua conexão com a mão impressa em PLA. O modelo final possui por volta de 35cm de altura, uma base com 10cm por 9cm e 1kg e 54g.



Para a etapa da programação, utilizou-se da linguagem C++. Códigos open source (Código aberto) são aqueles projetados para serem acessados abertamente pelo público, ou seja, todas as pessoas podem vê-lo, modificá-lo e distribuí-lo conforme suas necessidades. No caso do projeto Friday, os módulos programados que utilizaram o Open source foram: Módulo de voz, módulo Bluetooth e módulo Wifi. O Closed source (Fonte fechada), por sua vez, é aquele projetado para ser acessado somente por um grupo ou usuário autorizado, porém o mesmo não tem acesso ao seu código fonte e nem permissão para realizar alterações no mesmo. No projeto, os módulos que utilizaram o closed source foram: Módulo EMG e módulo da luva espelho. Por fim, foram adicionados recursos para conectividade com o meio externo, como módulo *bluetooth* e *Wi-fi* e mais outros três módulos utilizados para controle que serão descritos em seguida.



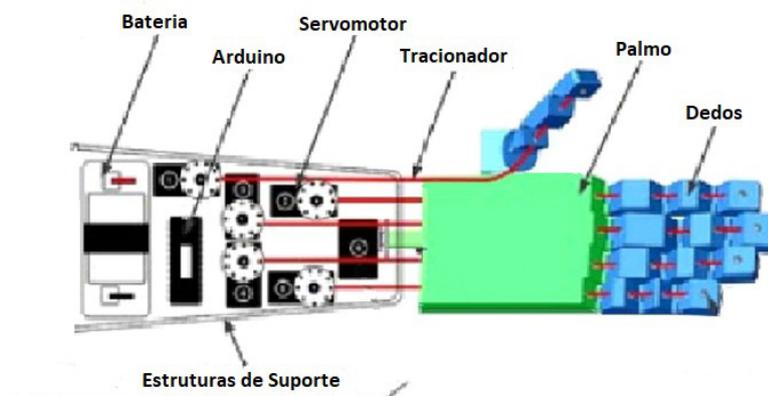
figura 1. Modelo de uma mão adulta impressa em poliacido láctico (PLA).

Ademais, funcionalmente a prótese opera através de linhas de nylon que passam por dentro de cada um dos dedos, contornam os servos motores e retornam até a ponta da última falange. Os servos motores alimentados por uma bateria 5V, ao se movimentarem para a esquerda ou direita, tracionam a linha e geram as ações de abrir ou fechar a mão através do uso do microcontrolador do Arduino e de algum dos módulos aplicados na prótese. Além disso, tanto o Arduino quanto os módulos são alimentados por uma bateria 9V (Figura 02).



figura 2. Projeto da parte mecânica e seu funcionamento com os servos motores..

Fonte: BARBOSA; SUNDFELD; SILVEIRA; ARÉDES, 2006.



2.1 MÓDULO BLUETOOTH

O primeiro módulo de comunicação, utilizado para o controle da prótese, é o bluetooth, em que, a partir de um aplicativo programado através do App Inventor, pode-se controlar cada um dos dedos através de cinco barras de rolagem mostradas na tela (Figura 03). Nesse sistema se é utilizada uma frequência de rádio de onda curta que possui baixo alcance permitindo o funcionamento mesmo em ambientes diferentes, contanto que estejam dentro de seu raio de alcance. A partir da conexão dos servos motores no microcontrolador (Arduino) utilizando portas PWN 3, 8, 10, 11 e 12 são recebidos comandos externos, utilizando a conexão do módulo bluetooth que foi conectada ao Arduino através das portas PWM 0, 1 (Figura 04). O movimento é realizado individualmente, um dedo por vez, seguindo a angulação designada pela barra de rolagem do aplicativo.



figura 3. Captura de tela da criação do aplicativo Friday para o módulo bluetooth, criado através do <http://appinventor.mit.edu>

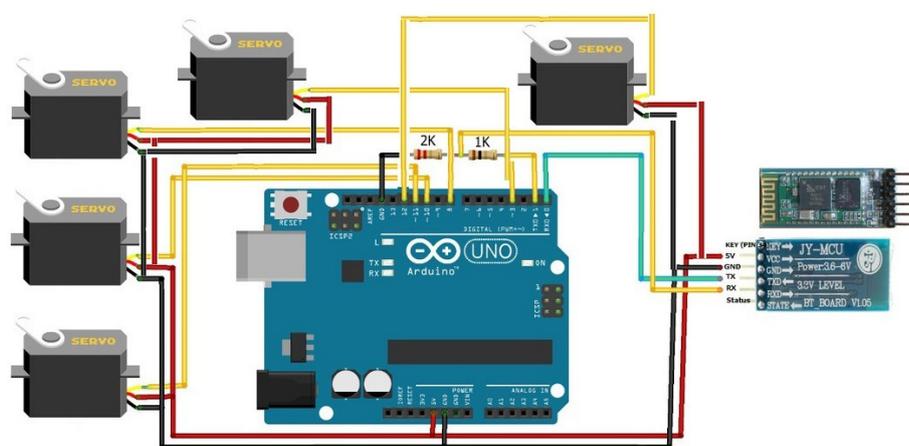


figura 4. Projeto eletrônico demonstrando o funcionamento do módulo bluetooth, criado no programa Paint.

2.2 MÓDULO WIFI

O segundo módulo encontrado é o Wifi, que funciona de forma semelhante ao bluetooth. Através da conexão da prótese com o aplicativo montado através da plataforma *Blyn IoT for Arduino* (Figura 05) e o acesso a uma rede de internet, torna-se possível sincronizar as informações. Esse módulo realiza o controle dos movimentos da prótese a partir do



seu código de programação e dos movimentos reproduzidos no aplicativo, permitindo o uso mesmo em maiores distâncias. Nesse módulo os dedos também são controlados individualmente.

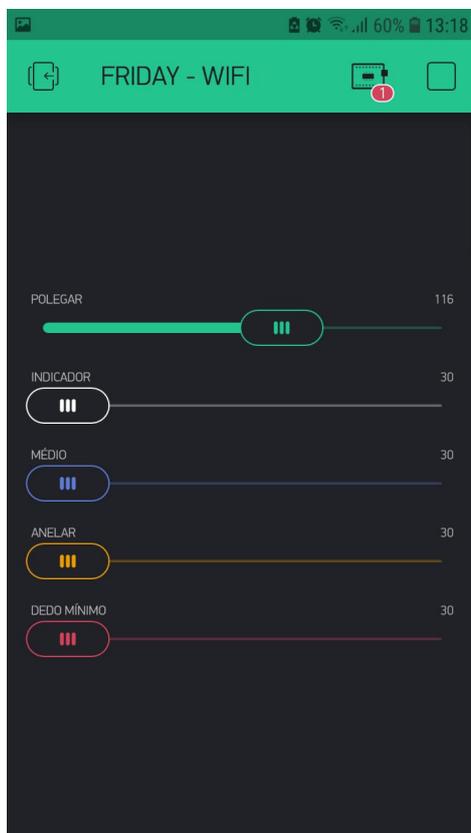


figura 5. Tela do aplicativo de controle do módulo wifi criado pelo Blynk.

2.3 MÓDULO DE RECONHECIMENTO DE VOZ

O terceiro módulo é o de reconhecimento de voz, que funciona a partir da gravação de comandos determinados pela fala do usuário. Alguns desses comandos podem ser, por exemplo: “abrir” ou “fechar” que movem todos os dedos em conjunto, além daqueles de controle individual como: “polegar” e “indicador”. Esse meio de controle da prótese torna possível o movimento dos dedos de forma coletiva e individualizada, sendo os servos motores acionados de acordo com o que se é dito (Figura 06), e utilizando exclusivamente a voz do indivíduo gravado, já que o leitor não reconhece outras para evitar possíveis interferências.

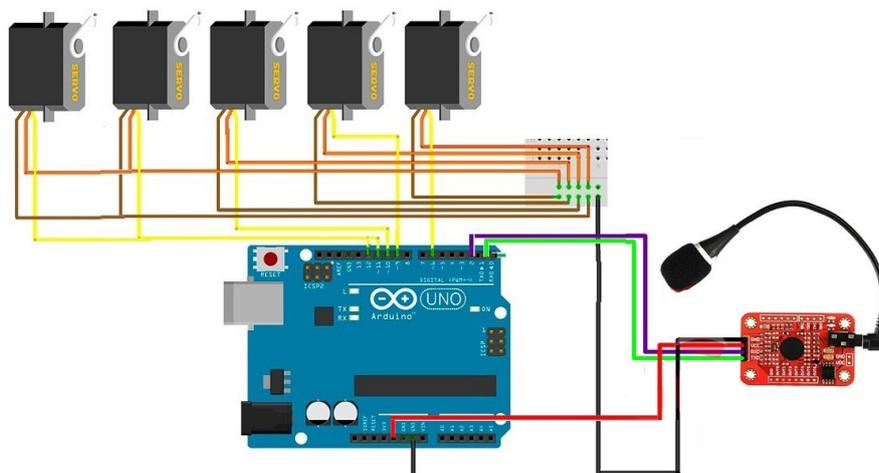


figura 6. Projeto eletrônico do módulo de reconhecimento de voz criado a partir do Paint.

2.4 MÓDULO DA LUVA-ESPELHO

O quarto módulo presente na prótese é o denominado “luva-espelho” que funciona como um espelho dos movimentos realizados ao calçar a luva fabricada. Esse dispositivo opera a partir do uso de cinco potenciômetros flexíveis fabricados com materiais simples e desenvolvidos pela nossa equipe, neles são utilizadas folhas de papel riscadas com grafite que estão envolvidas por alumínio nas suas extremidades laterais (Figura 07). Através desse material, da luva e do Arduino é possível enviar informações para a prótese de acordo com a variação de resistência gerada pelo movimento dos potenciômetros em cada dedo. Conseqüentemente, através desse dado, é realizada a movimentação dos dedos referidos na prótese.



figura 7. Luva com os potenciômetros fabricados utilizados no módulo da luva-espelho.



2.5 MÓDULO DO SENSOR MUSCULAR

O quinto e último módulo é o do sensor muscular, que para seu desenvolvimento foi necessário basear-se na técnica da eletromiografia:

A eletromiografia (EMG) é uma técnica que permite o registro dos sinais elétricos gerados pela despolarização das membranas das células musculares [1]. Esta técnica possibilita o registro da atividade muscular durante o movimento (...) (OCARINO et al., 2005).

Para que seja gerado o nível de atividade muscular é necessário que se utilize:

(...) dois eletrodos para detecção do sinal e um de referência [2,14]. Os eletrodos de detecção são colocados no músculo de interesse, seguindo a orientação das fibras, e o de referência (denominado eletrodo terra), fazendo contato com qualquer proeminência óssea do corpo [14] (OCARINO et al., 2005).

A partir disso e da utilização do Arduino, é calculada a frequência muscular que será aplicada na prótese e, através dos sinais de variação enviados pela contração ou relaxamentos deles, é possibilitado a abertura ou fechamento da mão (Figura 08 e 09). O cálculo da frequência muscular varia de pessoa para pessoa, pois cada um possui um formato de músculo específico e um nível de atividade variado, um exemplo dessa medição seria um músculo com aproximadamente 320 mV de frequência quando relaxado e 480 mV quando contraído, com média de 20 pontos de margem de erro.

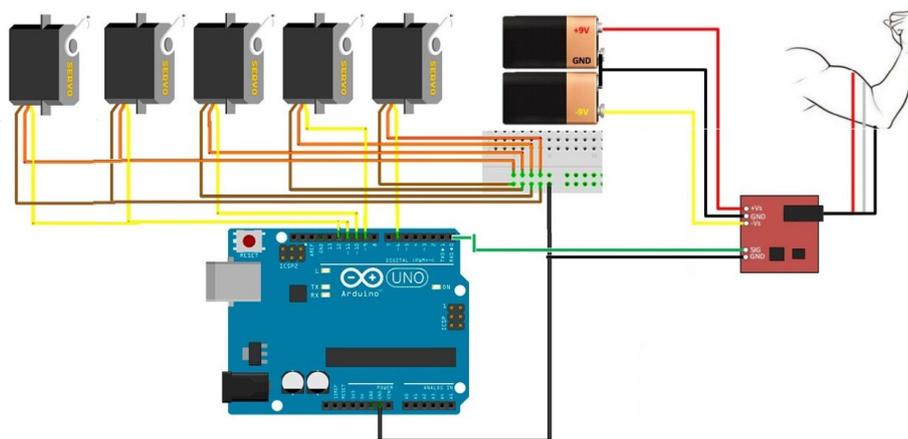


figura 8. Projeto eletrônico do módulo do sensor muscular criado a partir do Paint.

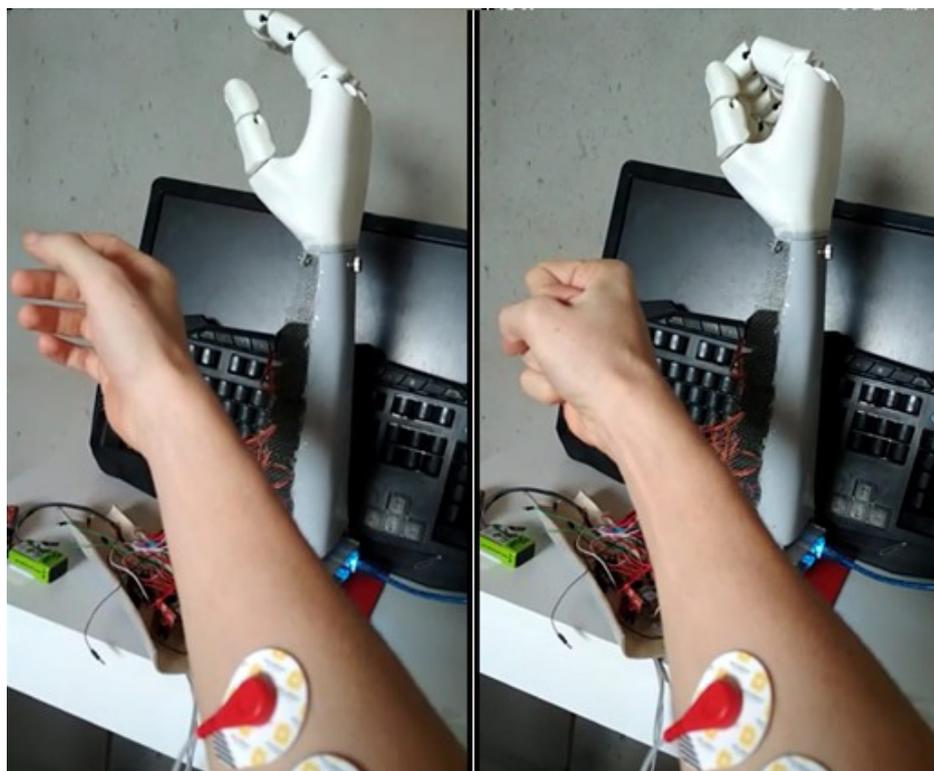


figura 9. Aplicação do módulo EMG na Friday.

2.6 REALIZAÇÃO DE TESTES

Com o objetivo de analisar o desenvolvimento e o funcionamento da prótese buscamos potenciais usuários para que fossem realizados testes de movimentação da prótese que demonstrassem se, de fato, o produto poderia ser utilizado. O público-alvo foram indivíduos que possuíam deficiência nos membros superiores, sendo eles uma senhora que teve o braço amputado e um rapaz adulto que já nasceu sem esse membro (realizando assim a conduta em dois tipos de casos diferentes). Cabe destacar que, para a realização do experimento, ocorreu uma reunião para aprovação do Comitê de Ética da instituição a qual o projeto pertence, tendo os riscos avaliados pelo diretor da instituição, uma professora e uma profissional da área da saúde, obtendo resultado positivo para a continuação do procedimento.

Os testes foram realizados na casa de cada um dos experimentadores, onde foi realizada uma breve explicação dos objetivos do projeto, quais procedimentos seriam realizados e a assinatura dos formulários necessários. Utilizou-se em ambos o módulo do sensor muscular por ser o de maior vantagem e facilidade para esse público.

Durante a realização do teste, foram fixados os três eletrodos e calculado uma média do potencial elétrico do músculo que seria utilizado. A



localização dos eletrodos irá variar de um indivíduo para outro, sendo necessário inicialmente medir onde tem-se atividade muscular mais ativa, após isso posiciona-se dois eletrodos a cerca de 6 cm de distância de um centro a outro e o terceiro na parte posterior do membro, exemplo: no caso do rapaz dois eletrodos foram fixados no bíceps e o terceiro próximo do tríceps. Após a preparação, pediu-se para que cada um dos sujeitos tentassem contrair e relaxar o músculo no qual os sensores foram fixados para que fosse possível ver de que forma aquela variação elétrica seria captada pela prótese. Com essa ação realizada, os resultados do teste se mostraram positivos já que, em ambos os casos, houve 100% de sucesso na abertura e fechamento da prótese (Figura 10 e 11).



figura 10. Teste da prótese em senhora com deficiência no membro superior através do sensor muscular.



figura 11. Teste da prótese em rapaz adulto com deficiência no membro superior através do sensor muscular.



3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Um dos primeiros impactos percebidos foi a surpresa ao apresentar a prótese para um indivíduo com deficiência física, podendo ser demonstrada as novas tecnologias que podem ser desenvolvidas com maior acessibilidade e menor custo. Além disso, a prótese poderá ser disponibilizada futuramente para aqueles que tenham essas necessidades, permitindo uma nova oportunidade para pessoas que tiveram os movimentos de alguma forma afetados sem ter que necessitar de um alto custo em dinheiro.

A partir dos testes foi possível confirmar o sucesso na criação e no funcionamento do protótipo, possibilitando também tomar nota das opiniões de futuros potenciais usuários. Alguns pontos positivos citados referem-se, principalmente, a percepção da proposta da criação da prótese, a senhora que realizou o teste emocionou-se ao perceber as possibilidades de movimentação e contou sobre a saudade que sentia de realizar algumas atividades cotidianas que foram prejudicadas após a amputação. Além disso, ela também comparou a prótese com uma que já havia sido ganhada pelo governo, afirmando que não gostava de usá-la por ser mais algo estético e menos funcional, mas que via na prótese do projeto uma possibilidade melhor de uso por possuir movimentação e uma aparência mais semelhante ao membro real. O rapaz, por sua vez, afirmou que gostou da proposta mas que não vê tanto interesse no uso de próteses porque, como já possui a deficiência desde que nasceu, já acostumou-se a realizar todas as suas atividades sem outro tipo de tecnologia. Ambos também afirmaram que um ponto necessário para reformulação consistia na possibilidade de fixação da prótese no membro.

Ademais, também conseguiu-se estabelecer uma tabela de gastos com os materiais que foram utilizados para a fabricação da prótese, tanto ela completa com os cinco módulos para controle quanto com apenas o sensor muscular (Figura 12 e 13). Os resultados dos valores totais utilizados para a construção mostram-se altamente distantes dos citados por Sawada (2015) e por Moraes (2018), demonstrando que o objetivo do projeto de produzir um instrumento que possa ser utilizado como EPI ou uma tecnologia assistiva, a partir de materiais eletrônicos e não eletrônicos de baixo custo, foi realizado com sucesso.



Item	Custo	Quantidade	Item	Custo	Quantidade
Mg995 Servo Analógico de engrenagem metal de alto torque	R\$ 36,63	5	Power bank 10.000 MAH	R\$ 100,00	1
Módulo Esp32 Espduino Wemos D1 Wifi R3	R\$ 54,49	1	Rede de metal 1m x 1m	R\$ 5,00	0,5m
Arduino Nano V 3.0 Rev3 Atmega328p	R\$ 19,90	1	Portas USB	R\$ 6,50	3
Arduino Micro R3 - compatível + cabo micro USB 2.0	R\$ 58,40	1	Chave gangorra	R\$ 2,00	5
Pro Mini Atmega328p Sv 16 MHz	R\$ 26,90	1	Baterias 9V 220 MAH recarregável	R\$ 2,50	2
Módulo Bluetooth HC-06 Rs232 Hc06	R\$ 21,45	1	Arduino UNO R3	R\$ 15,40	1
Módulo Sensor de atividade muscular EMG	R\$ 189,00	1	Papel alumínio 30cm x 7,5m	R\$ 14,70	1
Módulo de reconhecimento de voz para Arduino V3.1	R\$ 155,00	1	Luva de poliamida preta soft 9	R\$ 3,61	1
Impressão 3D da mão	R\$ 240,00	1	Folha de papel A4	R\$ 0,28	1
PVC 44mm 1m	R\$ 19,00	0,5m	Ponte de grafite B3 012	R\$ 0,40	1
Parafuso ½ Inox	R\$ 0,05	13	Fio Wire Wrap 120m 30awg	R\$ 0,63	2m
Placa de fibra de vidro virgem cobreada 1cm x 1cm	R\$ 1,32	15cm	Resistor 120R 1/4W	R\$ 0,75	5

tabela 1. Gastos e materiais da fabricação da Friday com cinco módulos de controle, valor total de R\$ 1.214,64.



tabela 2. Gastos e materiais da fabricação da Friday com o módulo EMG, feita no programa Excel, valor total de R\$ 390,31.

Item	Custo	Quantidade
Filamentos PLA 1KG	R\$ 130,00	0,120kg
Micro Servo Motor Towe Pro Mg90	R\$ 18,45	1
Módulo sensor de atividade muscular EMG	R\$ 189,00	1
Arduino Nano V3.0 Atmega328p	R\$ 17,40	1
Bateria 9V recarregável 220 MAH	R\$ 30,00	1
EVA 40x60cm	R\$ 4,49	1
Fio Wire Wrap 120m 30awg	R\$ 0,64	1,2m
Bateria recarregável Ultra Fire 18650	R\$ 11,00	1
Carregador bateria Ultra Fire	R\$ 6,70	1

Outro ponto importante foi a análise de cada um dos módulos desenvolvidos com seus respectivos exemplos de uso e pontos negativos e positivos, demonstrando que diversas atividades podem ser realizadas e adaptadas de acordo com a necessidade do usuário e que elas conseguem abarcar os objetivos propostos pelo projeto, reforçando o resultado positivo em sua realização (Tabela 03).

tabela 2. Lista dos módulos de controle desenvolvidos com suas respectivas características.

Módulo:	Vantagens:	Desvantagens:	Exemplo de uso:
<i>Bluetooth</i>	Sem a necessidade de energia elétrica.	Controle apenas em distâncias mais curtas.	Em casos de queda de energia elétrica.
<i>Wifi</i>	Controle a longas distâncias.	Necessidade de uma rede com acesso à internet.	Em casos de necessidades de longas distâncias.
<i>Sensor de voz</i>	Maior praticidade no uso, sem necessidade de um aparelho mediador.	Limitação com movimentos mais complexos.	Como EPI para movimentos com pouca complexidade.
<i>Luva-espelho</i>	Maior precisão na movimentação dos dedos da prótese.	Constante manutenção.	Cirurgias remotas, EPI para ambientes com risco de amputação.
<i>Sensor muscular</i>	Uso facilitado para indivíduos com a perda do membro superior que necessitam de um uso contínuo.	Controle limitado apenas para o uso dos dedos coletivamente.	Para indivíduos que possuam deficiência física nos membros superiores.

Por fim, cabe destacar os avanços notados na realização do protótipo do Projeto Friday com outros encontrados na literatura e também citados durante o artigo. Primeiramente, com relação ao protótipo de uma mão robótica de LEGO de Hunold et al. (2014), a prótese desenvolvida presente possui um material mais robusto e resistente, capaz de ter melhor durabilidade ao uso diário, além de ter uma aparência mais semelhante anatomicamente com o membro referido, fator que, como dito anteriormente, foi destacado positivamente por um dos indivíduos que testaram o produto. Em segundo lugar, de modo comparativo aos protótipos



construídos por Moraes (2018) e Barbosa et al. (2006), nota-se que foi possível avançar nas formas de utilização da prótese, não restringindo-se apenas aos indivíduos com deficiência mas como uma ferramenta capaz de evitar acidentes que causem essas amputações. Ademais, o projeto Friday trouxe módulos de comunicação com a prótese que ainda não tinham sido utilizados pelos autores anteriores, como o uso do Wifi e da luva espelho, além de ter o produto final testado por usuários que viriam a se encaixar dentro do público alvo escolhido, permitindo maior coleta de informações e avanços acerca dos próximos passos que devem ser realizados para que se chegue a um resultado pronto para ser distribuído no mercado ortopédico.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados apresentados, tornou-se possível perceber a movimentação da mão de acordo com a necessidade do usuário, e o seu controle através da frequência do músculo do indivíduo e de outros módulos. Desse modo, conclui-se que os objetivos e a hipótese desse projeto estão sendo alcançados, verificando a possibilidade de desenvolver uma prótese de baixo custo que pudesse funcionar como tecnologia assistiva e um EPI.

Além disto, ressalta-se que o projeto necessita ainda de modificações para que chegue-se a um produto final, tendo como base as opiniões coletadas pelos testes, pretendendo adaptar a prótese para seu uso com fixação no membro através do uso de um encaixe, aperfeiçoar novos modelos e realizar novos testes com maior durabilidade de tempo de uso. Ademais, planeja-se também testar uma nova hipótese para a pesquisa, com o uso da ultrassonografia como uma forma de controle mais preciso da movimentação, de modo a resolver a limitação do módulo EMG.

Por fim, acredita-se que a existência do projeto foi capaz de continuar a visibilização de um grupo minoritário e demonstrar a necessidade de buscar soluções que auxiliem o bem-estar desses indivíduos. Além disso, também contribui cientificamente ao trazer a possibilidade do uso de novos materiais que ainda não tinham sido utilizados em pesquisas anteriores e quais pontos ainda precisam ser melhor pesquisados e adaptados. Assim, o projeto representa um passo já dado em busca do auxílio na garantia de direitos e de uma melhor qualidade de vida para esse público alvo, e uma possibilidade de prevenir que, em ambientes de trabalho, outros indivíduos venham a adquirir alguma deficiência.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, L. F. W.; SUNDFELD, L.; SILVEIRA, L.; ARÊDES, S. V. Projeto e Construção de uma prótese multifuncional microcontrolada da mão humana. **XX XBEB**, São Paulo, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Filipe-Wiltgen/publication/348436461_projeto_e_construcao_de_uma_protese_multifuncional_microcontrolada_da_mao_humana/links/5ff-f07a745851553a0416497/projeto-e-construcao-de-uma-protese-multifuncional-microcontrolada-da-mao-humana.pdf. Acesso em: 15 maio 2021.
- BRASIL. Ministério da Justiça. **Decreto Nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999**. Regulamenta a Lei no 7.853, de 24 de outubro de 1989, dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, consolida as normas de proteção, e dá outras providências. Brasil, 21 dez. 1999. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3298.htm. Acesso em: 25 abr. 2021.
- CARO, Camila Caminha *et al.* A dispensação de órteses, próteses e meios auxiliares de locomoção (OPM) no Departamento Regional de Saúde da 3ª Região do Estado de São Paulo. **Caderno Brasileiro de Terapia Ocupacional UFSCar**, São Carlos, v. 22, n. 3, p. 521-529, 2014. <https://doi.org/10.4322/cto.2014.073>.
- COLLUCCI, Cláudia. Modernas, próteses no país são para poucos. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, p. nenhum, 19 set. 2004. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff1909200412.htm>. Acesso em: 7 maio 2019.
- HUNOLD, M. *et al.* Protótipo de prótese de mão robótica de lego controlada por sistema android para bi-amputado. **XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**, Uberlândia - MG, p. 2452-2455, 2014.
- KAPANDJI, A.I. **Fisiologia Articular (Membro Superior)**. Volume I, 5ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- MORAES, Cinthya Rachel Lopes. **Desenvolvimento de um joelho eletrônico para utilização em próteses transfemorais**. 2018. 135 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018. URI: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/32238>.
- OCARINO, Juliana de Melo *et al.* Eletromiografia: interpretação e aplicações nas ciências da reabilitação. **Fisioterapia Brasil**, Minas Gerais, v. 6, n. 4, p. 305-310, julho/agosto 2005. <https://doi.org/10.33233/fb.v6i4.2012>.
- ROCHA, E. F.; CASTIGLIONI, M. do C. Reflexões sobre recursos tecnológicos: ajudas técnicas, tecnologia assistiva, tecnologia de assistência e tecnologia de apoio. **Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo**, v. 16, n. 3, p. 97-104, 2005. 10.11606/issn.2238-6149.v16i3p97-104.



SAWADA, Thiago. Startup investe em impressão 3D para fabricar próteses de braço mais baratas. **O Estado de S. Paulo**, 1 nov. 2015. Disponível em: <https://link.estadao.com.br/noticias/inovacao,startup-investe-em-impressao-3d-para-fabricar-protese-de-braco-mais-baratas,10000028902https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff1909200412.htm>. Acesso em: 7 maio 2019.

VIEIRA, Sérgio. Acidentes com máquinas causam 12 amputações e quase um óbito por dia de trabalho no país. **Senado Notícias**, 8 set. 2015. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2015/09/08/acidentes-com-maquinas-causam-12-amputacoes-por-dia-e-601-mortes-por-ano>. Acesso em: 7 maio 2019.

GISLAINE DE ALMEIDA MAIA

Graduanda em Psicologia na Universidade Federal do Ceará (UFC) - Campus Fortaleza. cursou o Ensino Médio na Escola Estadual de Educação Profissional Avelino Magalhães, onde também obteve título de Técnico em Enfermagem.

THIAGO COSTA MOREIRA

Graduando em Telemática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - Campus Fortaleza. cursou o Ensino Médio na Escola Estadual de Educação Profissional Avelino Magalhães - Tabuleiro do Norte (CE), onde também obteve formação técnica em Edificações.

FABIANA DA SILVA MAIA

Formada em Licenciatura em Física pela Universidade Estadual do Ceará - Campus Limoeiro do Norte. Atualmente é docente de física na Escola Estadual de Educação Profissional Avelino Magalhães - Tabuleiro do Norte (CE).

Contribuição de autoria. Gislaíne de Almeida Maia, Thiago Costa Moreira participaram da elaboração do estudo, da investigação de dados, do levantamento bibliográfico e da redação do artigo. Fabiana da Silva Maia orientou todas as etapas e participou da revisão final e da edição do artigo.

submetido
06.07.2020

reapresentado
17.05.2021

aprovado
01.07.2021

Apoio. Escola Estadual de Educação Profissional Avelino Magalhães.

Licença de uso. Este artigo está licenciado sob a Licença Creative Commons CC-BY. Com essa licença você pode compartilhar, adaptar, criar para qualquer fim, desde que atribua a autoria da obra.



