

Prótese Eletrônica Auxiliar Infantil

Tiago Pereira, *Engenharia eletrônica, UNB*, Gabriel Genari, *Engenharia eletrônica, UNB*

Keywords—*prótese, biomédica, infantil.*

I. RESUMO

A Proposta deste artigo é de abordar previamente o planejamento e montagem de uma prótese eletrônica projetada para faixa etária de 3 e 7 anos de idade com a função de segurar. Neste primeiro ponto de controle temos a proposta de demonstrar previamente como funcionará o projeto utilizando os métodos propostos em aula.

II. INTRODUÇÃO

A utilização das próteses ortopédicas são datadas dos tempos mais antigos, sendo o registro mais antigo na Índia Antiga entre 3800 a.C e 1400 a.C [1]. O desenvolvimento delas evoluiu de forma exponencial no último século com a evolução da área biomédica utilizando componentes eletrônicos, alcançando funções de alta complexidade como mecanismos telemétricos eletrônicos de alta complexidade baseados nos joelhos humanos [2].

A grande dificuldade é que grande parte das próteses com funções eletrônicas tendem a preços inacessíveis para a maior parte da população brasileira, onde uma prótese de alta capacidade esteja entre os valores de R\$46.000,00 e R\$190.000,00 [3].

Especificamente a população brasileira de deficientes motores com grande dificuldade é constituída por 3.698.929 pessoas, ou cerca de 2% da população brasileira total[4].

Representando um número expressivo de pessoas onde apenas 3%, cerca de 110.000, teriam alguma condição para utilizar alguma prótese de funções eletrônicas [5]. Acrescido a estes fatos e ao analisarmos a população infantil, entre 0 e 9 anos, temos um número muito menor de deficientes motores que a população adulta, devido principalmente a uma parte grande dos deficientes não nascem com elas mas adquirem após algum trauma que compromete

as funções motoras [4]. Ocasionalmente uma eventual diminuição no investimento em próteses complexas nesta faixa etária, mesmo sendo as mais críticas para desenvolvimento das funções básicas.

Tornando assim a proposta de uma prótese de baixo custo com funções eletrônicas básicas para faixa etária de 3 a 7 anos uma proposta viável de implementação.

III. METODOLOGIA

Para o planejamento deste projeto foi utilizado a metodologia 5W2H utilizando as abordagens de TOP-DOWN e BOTTOM-UP organizadas em um quadro de planejamento, descrito nas seções posteriores.

Primeiramente foi definidos os requisitos básicos e funções básicas que a prótese irá incorporar. Assim como os objetivos, ameaças, custos, cronograma de entrega conforme descrito posteriormente neste artigo.

Em seguida será realizado um esboço técnico no programa CATIA do formato e das peças constituintes da prótese, incorporando as medições reais dos componentes eletrônicos e mecânicos necessários para realização das funções definidas para a prótese.

Com o desenho técnico final realizado e as peças finais definidas ocorre a compra dos materiais e impressão 3D das partes necessárias. Em paralelo a este processo temos a prototipagem de um modelo preliminar de mecanismo imitando a mão humana para a função de segurar, mais detalhadamente descrito em seguida, utilizando o microcontrolador MSP430FR2433 na plataforma Energia de programação.

Posteriormente a finalização das peças utilizando impressão em 3D e a chegada dos materiais ocorre a montagem final da prótese e melhoramento os códigos utilizados no controle no microcontrolador, conhecimento este adquirido durante as aulas de microcontroladores.

Paralelamente a este processo ocorre a correção dos erros e adaptações necessárias para funcionamento do protótipo e implementação das dicas fornecidas pelo professor Diego Caetano Garcia.

IV. OBJETIVOS

O objetivo deste projeto é o planejamento e prototipagem de uma prótese de substituição funcional para deficientes físicos por amputação maior em um nível pouco acima do cotovelo ou pouco abaixo do cotovelo (quase total do antebraço) com faixa etária entre 3 e 7 anos no braço direito. Com o intuito de realizar funções básicas de pegar objetos e apoiá-los, por crianças em estágio de desenvolvimento cognitivo inicial. Além de proporcionar uma adaptação a próteses na infância, aumentando a aceitação e utilização de tais produtos na vida adulta. Suas funcionalidades serão controladas e ajustadas eletricamente por um microcontrolador MSP430FR2433, projetado e vendido pela *Texas Instruments*TM.

V. VANTAGENS E DESVANTAGENS

A. Vantagens

a) : Os movimentos proporcionados pela prótese são superiores as próteses de mercado pois não possui apenas uma função estática, tornando a vida da criança mais dinâmica.

b) : Utilizando a prótese desde a infância, a adaptação a novas próteses na adolescência e vida adulta é facilitada.

c) : O uso desta prótese diminui a dificuldade da criança ao entrar no meio escolar, pois anatomicamente não terá a falta de um membro do corpo comparado as sem deficiência.

d) : Diminui a necessidade de ajuda de outras pessoas em certas tarefas que necessitem duas mãos para carregar algum objeto, aumentando a autonomia da criança.

B. Desvantagens

a) : Como a prótese necessita de baterias, ela precisa ser carregada antes do uso e possui uma autonomia limitada se comparada a uma prótese simples.

b) : Mesmo com uma característica básica de ser mais barato existirá um custo envolvido para compra da prótese, diminuindo a acessibilidade em famílias de extrema pobreza.

c) : Dependendo da deficiência da criança o braço pode não ser compatível sua anatomia, ou desconfortável ao ponto de rejeição portador.

VI. REQUISITOS

a) : A função básica proposta é a de agarrar objetos e segurá-los de forma uniforme com a tensão necessária para que ele não caia e também não o danifique com tensão excessiva. Os principais objetos que devem ser suportados pela prótese são brinquedos do usuário além de objetos de uso pessoal como mamadeiras e escovas de dente.

b) : Para a movimentação dos dedos será desenvolvido um sistema de molas que, com o auxílio de motores e fios, dobrará os dedos tornando a manipulação dos objetos possível.

c) : O design da mão e do braço deve ser viável para impressão 3D e possuir uma familiaridade com a forma anatômica que se baseiam [6].

d) : A movimentação dos dedos deve ser o mais natural possível, evitando a rejeição da criança que possui um braço normal e outro com prótese [7][8].

e) : O controle dos dedos da mão desta prótese para cada função deve ser eficiente, evitando uma perda energética e a eventual necessidade de recarregar a bateria ao seu esgotamento.

f) : Utilizar um boneco de tamanho similar ao de uma criança definidas no escopo do projeto para realização de teste guiado pelo projetistas para as funções propostas.

VII. AMEAÇAS

a) : A utilização da prótese proposta não será viável se o custo-benefício não for competitivo, dessa forma deve-se priorizar o mínimo custo com as funcionalidades propostas.

b) : A utilização de material de baixa qualidade na fabricação das peças pode comprometer a segurança do produto, soltando partes que proporcionam perigo de ingestão pelas crianças usuárias da prótese, que pode ser solucionada utilizando um material mais maleável e atóxico que não apresenta riscos de quebra.

c) : A falha de distribuição de energia para o circuito pelo esgotamento da bateria precocemente inviabiliza a função básica da prótese, portanto para ampliação do período de operação é necessário a otimização do software empregado pela utilização do modo de baixo consumo no microcontrolador MSP430FR2433.

VIII. CRONOGRAMA

O cronograma, na tabela I, para o projeto se baseia nas datas propostas pelo professor da disciplina para os pontos de controle, acrescido da data dos testes e possíveis semanas para discussão do projeto.

Tabela I. CRONOGRAMA PRELIMINAR PARA O PROJETO

Dias da semana	Atividade	Dias da semana	Atividade
	Março	13/05 à 19/05	Prova 2 (16/05)
18/03 à 24/03	Pesquisa da Prótese	20/05 à 26/05	Aplimoramento do Protótipo
25/03 à 31/03		27/05 à 02/06	Ponto de controle 3
Abril		Junho	
01/04 à 07/04	Ponto de controle 1º (04/04)	03/06 à 09/06	Ponto de controle 4 (13/06)
08/04 à 14/04	Desenho técnico no CATIA e programação inicial dos subsistemas de controle em C	10/06 à 16/06	
15/04 à 21/04	Teste 1º (18/04)	17/06 à 23/06	
22/04 à 28/04	Impressão 3D das peças para prótese, montagem e teste de funcionamento	24/06 à 30/06	Entrega Final
Maio		Julho	
29/04 à 05/05	Desenvolvimento do relatório Ponto de controle 2º (02/05)	01/07 à 07/07	
06/05 à 12/05	Refinamento dos códigos e teste de durabilidade do protótipo	08/07 à 14/07	

IX. PROTÓTIPO FUNCIONAL - PONTO DE CONTROLE 2

Conforme definido pelos requisitos básicos e objetivo do projeto, nas seções VI e IV respectivamente, será necessário que os componentes exigidos para o protótipo simulem a função de agarrar para a prótese. Com esse intuito foi definido os componentes básicos para o protótipo inicial, tabela II, funcionando de forma conjunta ao microcontrolador MSP-EXP430FR2433LP, este que ambos projetistas possuem e atendem aos requisitos mínimos.

Tabela II. MATERIAIS PARA PROTÓTIPO FUNCIONAL

Quantidade	Materiais
2	Microcontroladores MSP-EXP430FR2433LP
1	Sensor de força resistivo Sparfun
2	Sensores de distância Ultrassônico - HC-SR04
1	Display de OLED 0.96" i2C - SSD1306
2	Servomotor TowerPro 9g SG90
1	Garra de Acrílico Jumpers
Variado	Massa Cerâmica
1	PowerBank 5V & 1/2.4A
1	Fio com conector USB tipo A
Variado	Fio de Cobre 34

Para o protótipo funcional foi utilizado a plataforma de SDK Energia, criada especificamente para utilização das bibliotecas do Arduino no MSP430. O protótipo é dividido em duas partes, controladas cada uma por um microcontrolador:

- 1) Demonstrar a movimentação dos dedos da mão utilizando servomotores, com uma maquete simples do formato da mão;
- 2) Demonstrar o funcionamento dos sensores de ultrassom, mostrando a distancia entre 2-9cm em funcionamento paralelo na tela de OLED, e o sensor de força resistivo, utilizando o monitor serial do SDK para mostrar a força aplicada ao sensor.

A seguir temos o funcionamento de cada um dos códigos respectivamente para cada uma das partes.

A. Parte 1 - Teste da movimentação dos dedos usando servomotores

O objetivo deste teste é demonstrar o funcionamento dos servomotores para controle dos dedos de uma prova de conceito do mecanismo da mão de uma prótese. O código resumidamente controla os servomotores em uma rotina utilizando botões para teste de abertura e fechamento da mão.

B. Parte 2 - Teste dos Sensores

C. Sensores de distância ultrassônico

O objetivo deste teste é demonstrar o funcionamento dos sensores de distância ultrassônico para mostrar suas limitações e aplicações para o projeto. São utilizados dois sensores, um para medição da distância de um objeto a ser segurado a palma da mão e outro para medição da mão à superfície em que o objeto está apoiado. O código resumidamente se baseia no cálculo da distância para centímetros e impressão destes dados na tela de OLED, quando dois objetos estão a uma distância igual ao dos sensores e esta sendo menor de 3 cm ocorre o acionamento da função de fechar a mão (neste caso sendo representado por uma garra controlada por um servo).

D. Sensor de força resistiva

O objetivo deste teste é demonstrar o funcionamento do sensor de força resistivo para mostrar suas limitações e aplicações para o projeto. São utilizados

um sensor de força resistivo e uma resistência equivalente de 3k Ω . O código resumidamente realiza o cálculo da força com base na resistência equivalente e a fonte de tensão em que o sensor é colocado em série e printa no monitor serial, que pode ser visualizado no Energia, com a resistência em que o sensor possui e a força equivalente que é realizada.

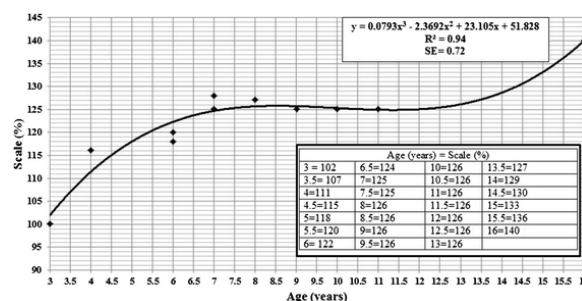


Figura 2. Gráfico mostrando a relação de dimensões da prótese Cyborg Beast em porcentagem conforme a idade [10]

X. FUNCIONALIDADES DA PRÓTESE

Como descritos anteriormente a principal função para prótese será a de segurar objetos tamanho suportado por uma criança entre as idades de 3 e 7 anos. Conforme a figura 1, uma criança entre 3 e 7 anos com funcionalidade normal nas juntas dos dedos consegue realizar uma força máxima de aproximadamente 45-60N entre o dedo indicador e o polegar, estes sendo os mais vitais para funcionalidade de segurar.

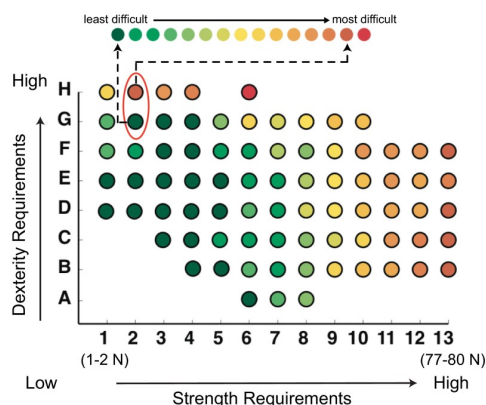


Figura 1. Gráfico de destreza x força realizado entre crianças com 3-13 anos [9]

Com a força máxima necessária definida se faz necessário determinar as dimensões médias do braço de uma criança para escolha dos componentes e modelagem 3D da prótese final. Conforme amostragem realizada no desenvolvimento da prótese Cyborg Beast [10], tabela da figura 2, temos os valores necessários para a prótese entre as idades almejadas do projeto com base nas dimensões de um dos participantes da pesquisa, que representa as dimensões de 140% em relação a tabela.

REFERÊNCIAS

- [1] PARATLETISMO, Braskem. Evolução das próteses na Linha do Tempo. Disponível em: <https://www.braskem.com.br/paratletismo-infografico/>. Acesso em: 02 abr. 2018.
- [2] Morris, Beverly A., et al. e-Knee: evolution of the electronic knee prosthesis: telemetry technology development. *JBJS* 83.2_{suppl} (2001): S62-66
- [3] OTTOBOCK. Empresa de próteses. Próteses de Membro Inferior. Disponível em: <https://www.ottobock.com.br/prosthetics/membros-inferiores/>. Acesso em: 02 abr. 2018.
- [4] Demográfico, IBGE Censo. "Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>" Acesso em 3 (2010).
- [5] ABOTEC. Associação Brasileira de Ortopedia Técnica. Avaliação de acessibilidade da população para próteses. Disponível em: <http://www.abotec.org.br/novosite/index.html>. Acesso em: 03 abr. 2018.
- [6] Belter, Joseph T., Jacob L. Segil, and BS SM. "Mechanical design and performance specifications of anthropomorphic prosthetic hands: a review." *Journal of rehabilitation research and development* 50.5 (2013): 599.
- [7] Mavani, Rutvij B., Dharmik H. Rank, and Helina N. Sheth. "Design and Working of Myoelectric Prosthetic Arm." *International Journal of Engineering Development and Research* 2.3 (2014): 3324-3333.
- [8] Chiri, Azzurra, et al. "Mechatronic design and characterization of the index finger module of a hand exoskeleton for post-stroke rehabilitation." *IEEE/ASME Transactions on mechatronics* 17.5 (2012): 884-894.
- [9] DUFF, Susan V. et al. Innovative evaluation of dexterity in pediatrics. *Journal of Hand Therapy*, v. 28, n. 2, p. 144-150, 2015.
- [10] ZUNIGA, Jorge et al. Cyborg beast: a low-cost 3d-printed prosthetic hand for children with upper-limb differences. *BMC research notes*, v. 8, n. 1, p. 10, 2015.