

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UMA PRÓTESE DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO IMPRESSORA 3D.

Dr. Mauro Conti Pereira – maurocp@gmail.com

Me. Alexsandro Monteiro Carneiro – alexsandro.ucdb@gmail.com

Me. Edvaldo Francisco Freitas Lima - edvaldofflima@gmail.com

Dr Naji Rajai Ama – naji@ucdb.br

Victor Alberti Bueno – victor@gmail.com

Italo Senna Vieira Silva – ítalo@gmail.com

Universidade Católica Dom Bosco, Eng. Elétrica

Av. Tamandaré, 6000. CEP 79.117-900 - Campo Grande –MS

Gustavo da Silva Andrade

Superintendência de Gestão da Informação SGI-MS

Rua Delegado Osmar de Camargo, S/N - 79037-108-Campo Grande -MS

Marco Hiroshi Naka

Instituto Federal do Mato Grosso do Sul

R. Taquarí, 831 - 79100-510 Campo Grande - MS,

Resumo: Órteses são usadas para auxiliar membros, próteses visam substituí-los. Dependendo de quais movimentos pode replicar, o custo de uma prótese de mão pode ultrapassar 100 mil dólares, não sendo acessível aos amputados de baixa renda. Adicionalmente, crianças precisam tê-las periodicamente substituídas devido ao seu crescimento, para manter proporcionalidade da mão substituta com a remanescente. Foram analisadas e comparadas algumas próteses (biônica, “Dextrus”, “Passive Adaptive Grasp” e “Phoenix Hand”) destacando suas vantagens e limitações, especialmente em desempenho, complexidade de uso pelo amputado, custo de aquisição/fabricação, e estética. Tenta-se mostrar como trabalhos como este tipo de projeto tem motivado os alunos dos cursos de engenharia da Universidade XXX, sem fins lucrativos, diminuindo a evasão e aumentando a atração de novos alunos devido à alta visibilidade do projeto. Visa também atingir objetivos de ajuda ao próximo desta universidade, bem como desenvolver equipe, de professores e alunos, envolvidos em projetos de engenharia biomédica. Desenvolveu-se um protótipo de mão infantil de baixo custo, fabricado em impressora 3D, acionada somente por um servo motor com mecanismo de adaptação passivo proposto, de baixo custo, acessível para as camadas menos favorecidas da população. Ela permite movimento antropomórfico de fechar/abrir a mão para preensão de objetos de formas variadas, porém sem capacidade de movimentos mais complexos e precisos de dedos tais como escrever. Ela é recoberta de silicone de tonalidade semelhante à pele da mão remanescente, facilitando a aceitação por futuros usuários, e deverá no futuro ser acionada por sinais eletromiográficos (EMG).

Palavras-chave: Prótese, amputados, impressora 3D, EMG, aparência natural.

1 INTRODUÇÃO

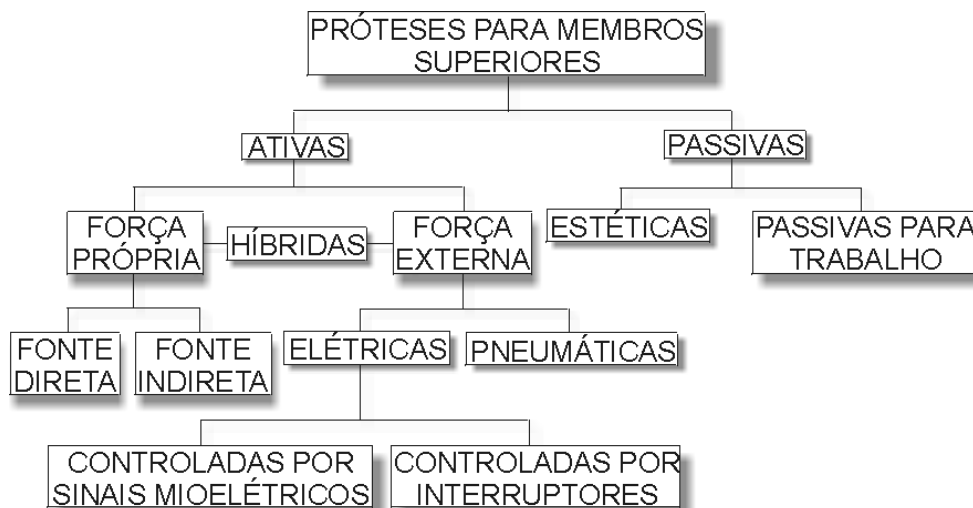
A prótese de membro superior é um dispositivo utilizado para substituir a mão perdida fornecendo movimentos que varia de complexidade dependendo do modelo e seu custo que pode ultrapassar 100.000.00 dólares. Os modelos básicos como da OTTO BOCK (1997) e VASI (1996) consistem de três dedos, e podem alcançar dois ou três pontos de contato com o objeto resultando em necessidade de aplicar força relativamente elevada, o que é considerada uma desvantagem além de ter aparência antropomórfica comprometida. Uma mão artificial com aparência cosmética mais próxima da natural, que não ofereça nenhum movimento funcional custa cerca de cinco mil dólares, porém, modelos antropomórficos que fornecem movimentos acionados por sinais mioelétricos custam entre vinte e cem mil dólares. (SCHWARTZ et AL., 2006; RAFIEE et al., 2011; COSTHELPER, 2017). Um caso importante que torna a situação mais complicada e delicada é a aquisição de prótese para crianças, cujo crescimento é rápido, resultando em necessidade de troca periódica da prótese devido o aumento do tamanho da outra mão.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A tradução para o inglês do título, do resumo (**Abstract**) e das palavras-chave (**Key-words**), para os autores que prepararem o trabalho em português ou em espanhol, deve ser apresentada no final do trabalho, após a lista de referências.

A seguir mostram-se algumas das próteses disponíveis atualmente. A maioria tem alto custo, e busca-se neste trabalho uma alternativa de baixo custo utilizando-se tecnologias de impressão 3D. Um resumo da classificação encontra-se abaixo:

Figura 1 - Classificação das próteses para os membros superiores, pelo critério da fonte de energia



Fonte: (CUNHA, 2006; CUNHA, 2002)

2.1 Próteses Biônicas

A prótese biônica é um tipo de prótese superior que possui funcionamento mais avançado em termos tecnológicos que existe no mercado. Fabricadas com materiais leves resistentes e de

alta tecnologia, como fibra de carbono, alumínio, titânio e aço inoxidável. São também as mais caras, pois utiliza tecnologia mais avançada em relação ao processo de fabricação e processamento de sinais fornecendo movimento individual dos dedos. O reconhecimento dos comandos do operador é feito através de sensores mioelétricos. No caso de um amputado com desarticulação de pulso, esta prótese é conectada aos músculos do antebraço. Um exemplo deste tipo de prótese mostrado na figura 1.

Figura 2 - Prótese biônica

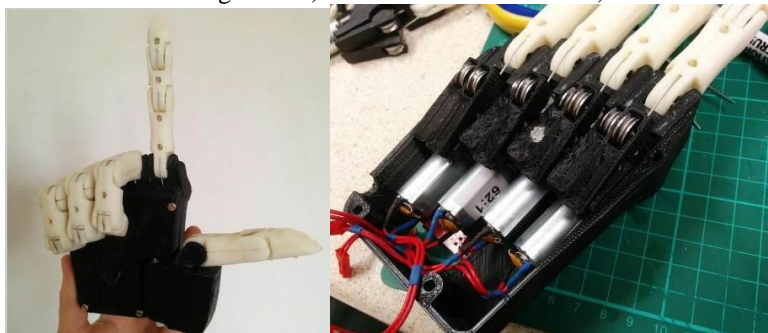


Fonte: site Conforpés

2.2 Open Hand Project

"Open hand Project" é um projeto de código aberto que tem como objetivo facilitar a fabricação de prótese de membro superior (Figura 2) fornecendo um projeto com instruções completa de fabricação e montagem de prótese.

Figura 2: a) Prótese modelo dextrus b) vista interna



Fonte: OPEN HAND PROJECT

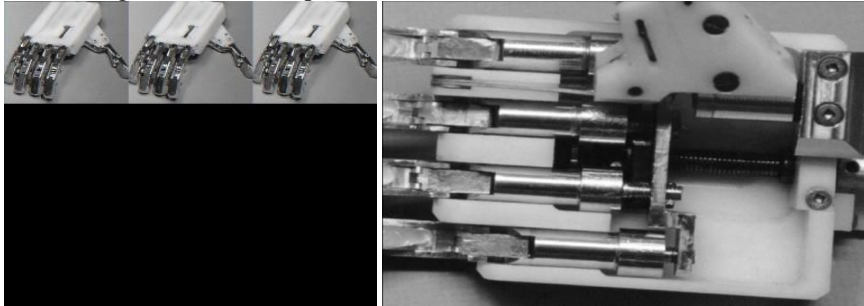
Esta prótese fornece movimento individual de cada dedo necessitando de uso de cinco servo motores com placa de acionamento e processamento de sinais mioelétricos. A fabricação envolve peças feitas em uma impressora 3D, que apresentam custo baixo, mas também outras peças mecânicas prontas como roletes, porcas e parafusos, que apresentam maior peso e custos mais altos, além de tornarem a montagem da prótese mais complexa. O uso de acionamento individual de cada dedo é considerado um funcionamento avançado que aumenta o custo da prótese e torna o seu uso mais complexo, pois o amputado deve ser treinado para acionar os cinco sinais simultaneamente, o que exige uma habilidade avançada.

2.3 Passive Adaptive Grasp

O mecanismo de adaptação passivo mostrado na figura 3 utiliza somente um atuador (ao invés de cinco) para acionar os cinco dedos simultaneamente.

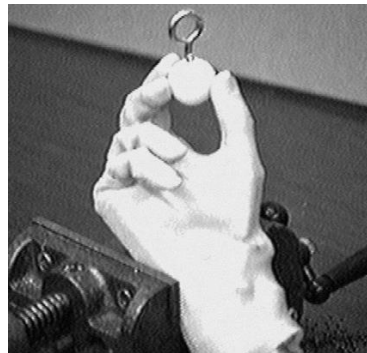
Este mecanismo possui a capacidade de fazer com que os dedos se adaptem a forma do objeto fornecendo melhor distribuição de força, maior segurança e uma estética semelhante a movimento da mão natural (figura 4).

Figura 3 a) Vista superior da mão com o mecanismo b) Parte interna



Fonte: OTTO BOCK

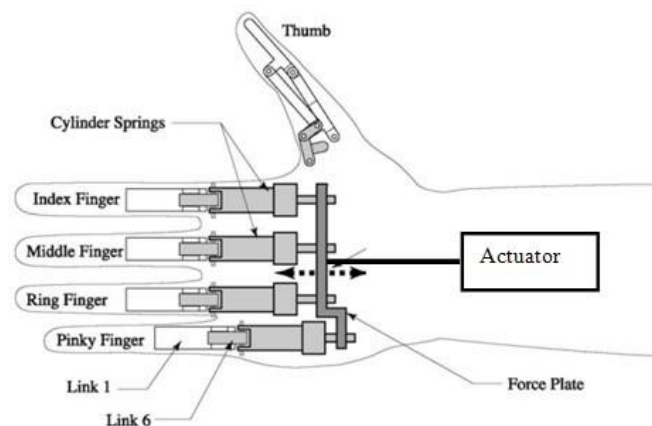
Figura 4 A prótese com luva segurando uma bola



Fonte: (DECHEV, 2001)

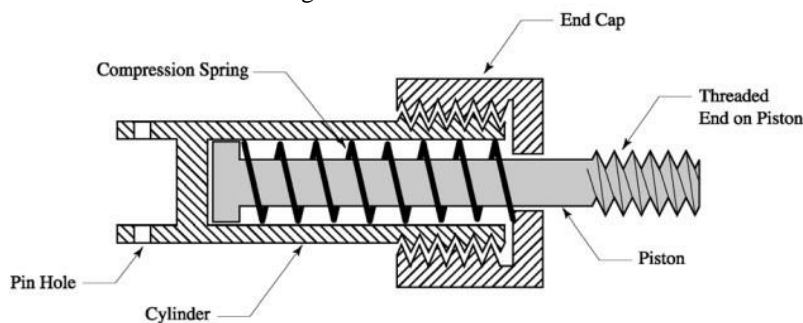
Para alcançar este movimento, utiliza-se um sistema de molas cilíndricas conforme o mostrado na figura 5. Cada mola cilíndrica consiste de uma mola de compressão presa dentro um cilindro conforme o mostrado na figura 6. Esta prótese apresenta como vantagem o uso de um atuador (um motor) para fechar e abrir a mão, o que requer somente um sinal mioelétrico, diminuindo então o custo total da prótese e facilitando o seu uso. E tem como desvantagem o uso de peças mecânicas metálicas (figura 3), que necessitam de um processo de fabricação mais avançado.

Figura 5 Mecanismo adaptação passiva “passive adaptive grasp”



Fonte: (DECHEV, 2001)

Figura 6 Mola cilíndrica



Fonte: (DECHEV, 2001)

2.4 Phoenix Hand

“Phoenix Hand” é um projeto de código aberto, onde a maior parte das peças também são confeccionadas em uma impressora 3D. A prótese de “Phoenix Hand” ilustrada na figura 7, foi projetada por Jason Bryant, voluntário do projeto e-NABLE [PHOENIX, 2017].

Figura 7- Modelo da mão



O objetivo da prótese de “Phoenix Hand” é fornecer uma solução de baixo custo com funcionamento limitado a abrir e fechar a mão. Para realizar a abertura e fechamento da mão utiliza-se a força do pulso, não necessitando de nenhum motor elétrico. A desvantagem do uso desse tipo de mecanismo, é que ele não fornece movimento similar ao movimento da mão natural (para fechar a mão a amputado deve dobrar o pulso).

3 MODELO DO PROTÓTIPO PARA PRÓTESE PROPOSTA

O objetivo deste trabalho é desenvolver um protótipo de uma prótese de membro superior de baixo custo, tendo sua fabricação feita utilizando uma impressora 3D. Portanto, tornado o seu uso acessível aos amputados de baixa renda. Sendo que esta prótese deverá fornecer funcionamento suficiente para segurar objetos de formatos diferentes (copo, bola, etc.) utilizando mecanismos de adaptação passivos. Resultando em movimentos limitados, como os de segurar e movimentar os objetos de maneira similar à mão natural; porém sem ter a capacidade de executar movimentos complexos dos dedos (por exemplo, escrever).

Para alcançar os objetivos listados acima, às próteses biônicas de alta tecnologia foram

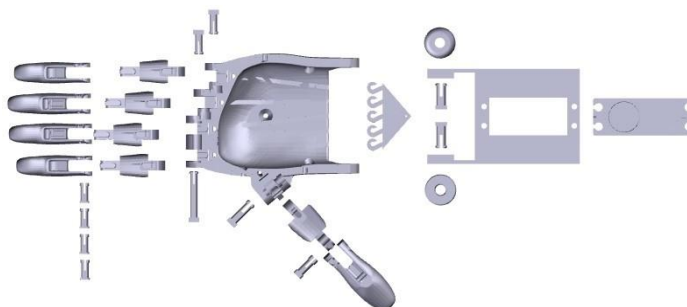
descartadas por causa do alto custo de fabricação, manutenção e treinamento (o custo total sofre um aumento significativo no caso do uso de prótese para crianças, devido à necessidade de troca periódica da prótese, por causa do crescimento rápido da outra mão da criança).

A prótese de "Open Hand Project" (OPENHAND, 2017) possui um custo menor comparado com as próteses biônicas disponíveis comercialmente; mas ainda sofre como desvantagem de ter um acionamento individual de cada dedo, necessitado de cinco sensores mioelétricos, o que requer um treinamento avançado do amputado e aumenta o custo total da prótese.

A prótese de "Passive Adaptive Grasp" (DECHEV, 2001) apresenta uma opção interessante devido ao uso de somente um atuador, o que requer um sensor mioelétrico, fornecendo um movimento de abrir e fechar a mão similar ao da mão natural. Tudo isso, graças ao uso do sistema de mecanismo de adaptação passivo. E como desvantagem, esta prótese necessita de um processo de fabricação de peças metálicas avançadas, que normalmente são indisponíveis no mercado local.

A última opção que foi apresentada na seção de revisão da literatura é a Phoenix Hand (PHOENIX, 2017), que possui um custo de fabricação muito baixo devido ao uso da impressora 3D, mas não alcança o desempenho desejado. Esta prótese, foi usada como ponto de partida por ter custo baixo de fabricação, assim foi reprojeta para: 1) fornecer movimento de abrir e fechar a mão utilizando um servo motor; 2) movimento similar ao da mão natural, utilizando um mecanismo de adaptação passivo proposto conforme o mostrado na figura 8.

Figura 8 Vista em detalhes por parte do protótipo



Fonte: autor

O sistema de mecanismo de adaptação passivo, utiliza elásticos ao invés de molas cilíndricas, como proposto no projeto da prótese "Passive Adaptive Grasp" (DECHEV, 2001). Apresentando como vantagem do uso de elásticos, uma prótese de baixo custo, que atende o objetivo de evitar o travamento dos dedos no caso de segurar objetos de formatos diferentes (ex: bola). As figuras 9 e 10 mostram o protótipo da prótese fabricada em impressora 3D em detalhes (vista superior e a vista inferior respectivamente). O modelo da impressora 3D que foi utilizada é "Printrbot Simple Metal" (PRINTERBOT, 2017). As figuras 11 e 12 ilustra a prótese proposta segurando uma bola sem ter o travamento dos dedos.

Figura 9 – protótipo (vista superior)

Figura 10 – protótipo (vista inferior)

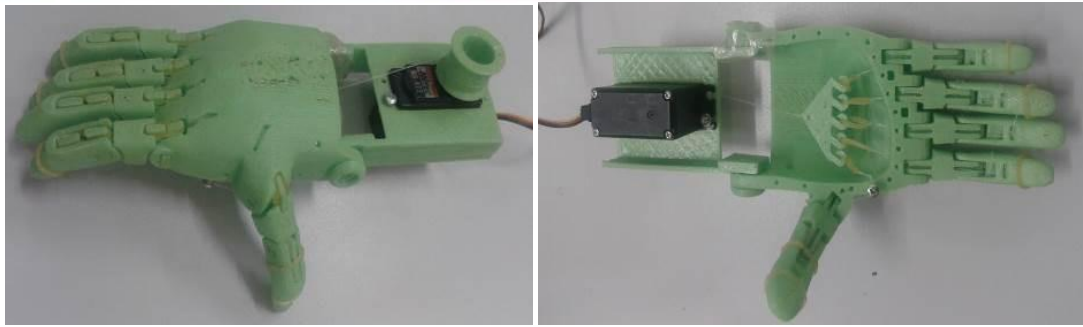


Figura 11 Funcionamento do protótipo com objeto



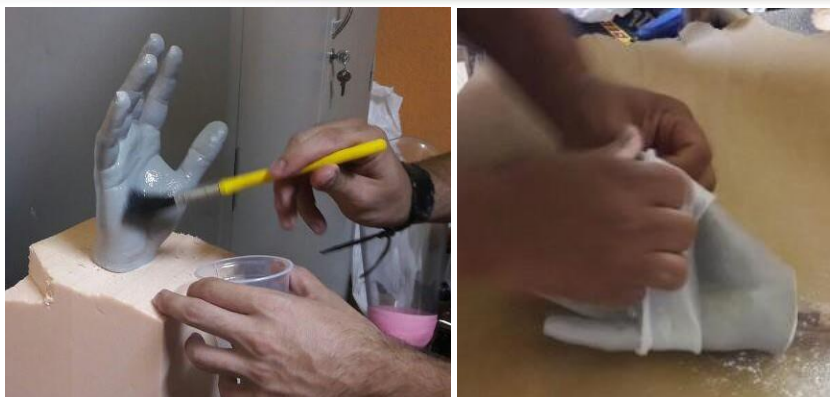
3.1 Phoenix Hand

Para fazer a cobertura da pele de tonalidade semelhante à da mão remanescente, utilizou-se do mesmo material usado em próteses comerciais, alginato comercialmente vendido como DencriGel, da Dencril, material usando também para molde de arcada dentária. Ele é misturado com água, em recipiente para imersão da mão, fazendo um negativo com gesso líquido, e depois faz-se a luva com silicone em dois materiais A e B, material de kit de silicone para prótese e órtese da OrthoPauher, que na proporção correta forma um silicone de aderência e textura corretas (Fig.12 a 15). A aplicação do silicone é feita com pincel e o crítico é a retirada, com cuidado para não rasgar.(Fig.16). Foi possível observar que o silicone apresenta todas as características da mão que foi feito o molde, como unha, digitais e veias.

Figura 12 – Imersão alginato Figura 13 – Gesso Líquido Figura 14 – Molde Figura 15–Kit



Figura 16 - Aplicação e retirada do silicone



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste projeto permitiu aplicações de conceitos adquiridos durante o curso de Engenharia Mecânica e de Controle e Automação, produzindo um protótipo de uma prótese de baixo custo utilizando impressora 3D. O protótipo da prótese desenvolvido fornece funcionalidade suficiente para segurar objetos de formatos diferentes (copo, bola, etc.), utilizando mecanismo de adaptação passivo proposto, resultando em movimentos limitados, como os de segurar e movimentar os objetos de maneira similar à mão natural; porém sem ter a capacidade de executar movimentos complexos dos dedos (por exemplo, escrever).

Deve-se salientar que o projeto serviu para manter vários alunos motivados e interessados, bem como atrair novos alunos através da exposição e apresentação deste protótipo, além de unir profissionais, alunos e professores interessados na área de pesquisa em engenharia biomédica, originando a formação de um grupo em engenharia de reabilitação na instituição. Este trabalho tem uma continuação para captação e tratamento de sinais eletromiográficos (EMG) para no futuro ser acionada por estes sinais

Agradecimentos

Este trabalho recebeu apoio financeiro da Universidade xxx através do seu programa PIBIC.

REFERÊNCIAS

COSTHELPER Health. Disponível em <http://health.costhelper.com/prosthetic-arms.html>
Acesso em: 5 de maio de 2017.

CUNHA, Fransergio Leite da. **Próteses Inteligentes para Membros Superiores – mini-curso ministrado o MECA 2006**. III Encontro de Mecânica, Eletrônica, Controle e Automação do MS, Campo Grande, MS, 2006.

CUNHA, F. L et al. **Mão de São Carlos, uma Prótese Multifunção para Membros Superiores: Um Estudo dos Mecanismos, Atuadores e Sensores**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica – Bioengenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 146 p., 2002.

DECHEV, N.; CLEGHORN, W.L.; Naumann, S. **Multiple finger, passive adaptive grasp prosthetic hand, Mechanism and Machine Theory**, Volume 36, Issue 10, October 2001, Pages 1157-1173, ISSN 0094-114X, [http://dx.doi.org/10.1016/S0094-114X\(01\)00035-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0094-114X(01)00035-0).

OPEN HAND PROJECT. Disponível em <http://www.openhandproject.org/> Acesso em: 10 de maio de 2017.

OTTO BOCK Orthopaedic Industry GmbH: "MYOBOCK-Arm Components 1997/98", Otto Bock, 1997.

PHOENIX HAND, Disponível em <http://enablingthefuture.org/phoenix-hand/> Acesso em: 15 de maio de 2017.

PRINTRBOT Simple Metal, Disponível em <https://printrbot.com/shop/assembled-simple-metal>. Acesso em: 3 maio de 2017.

RAFIEE, J.; RAFIEE, M.A.; YAVARI, F.; SCHOEN, M.P. **Feature extraction of forearm EMG signals for prosthetics, Expert Systems with Applications**, Volume 38, Issue 4, April 2011, Pages 4058-4067, ISSN 0957-4174.

SCHWARTZ, Andrew B.; TRACY CUI, X.Tracy; WEBER, Douglas J.; MORAN, Daniel W. **Brain-Controlled Interfaces: Movement Restoration with Neural Prosthetics**, Neuron, Volume 52, Issue 1, 5 October 2006, Pages 205-220, ISSN 0896-627.

VASI - Variety Ability Systems Inc.: "Small and Lightweight Electric Hands for Children", VASI, Toronto, 1996.

DEVELOPMENT OF THE PROTOTYPE OF A LOW COST HAND PROSTHESIS USING A 3D PRINTER

Abstract: *Orthoses is intended to aid a member, while prosthesis is intended to replace a missing member. However, the cost of a hand prosthesis can reach high values, depending on the total movements that it is capable to implement it can cost more than a 100 thousand dollars, limiting its use on lower income amputees. Additionally, children have to replace them periodically due to their growth so the replacement hand mimics the size of the other natural other hand. This work reviews a few well known hand projects, commercial and non-commercial, and their desirable characteristics. Amongst the various prosthesis studied, are bionic, "Dextrus", "Passive Adaptive Grasp" e "Phoenix Hand", listing their advantages and limitations, mainly related to performance, complexity to use by the amputee, manufacturing or acquisition cost and aesthetics. It also shows a low cost hand project that has been motivating the students in the engineering courses at University XXX, diminishing the courses evasion and attracting new students due to the project's high visibility, helping this non-profit university to fulfil its social purposes, and, as well as it is being used to form a team of professionals, students and teachers, interested in biomedical engineering projects. The project is composed of a prototype of a anthropomorphic child hand prosthesis made using a 3D printer, with only one servo motor, with the grasping movement similar to a natural hand, achieving the desired low cost and accessibility to poor people. It is intended to allow for handling of various shapes using passive adaptive mechanisms, in a way similar to a natural hand, but not intended for precise movements like holding a pen for writing. Furthermore, it finished with professional silicon of appearance similar to the remaining hand of the user, making its acceptance easier. In future works it should be moved by electromyography signals (EMG)*

Key-words: *prosthesis, amputees, 3D printer, EMG, natural appearance.*