



**INSTITUTO
FEDERAL**
Minas Gerais
Campus Arcos

Bacharelado em Engenharia Mecânica

Estudo sobre as articulações de uma mão mecânica

Alunos:

Guilherme Fonseca Campos
João Victor Rodrigues Carvalho
Julio Henrique de Lima
Paulo Ricardo Correia

Professor: Dr. Niltom Vieira Junior

Arcos – MG
2019

Guilherme Fonseca Campos, João V. Rodrigues, Julio Henrique de Lima, Paulo Ricardo Correia.

Parecer final sobre acessibilidade, trabalho com ênfase na construção de uma mão mecânica, Trabalho Acadêmico Integrador I, apresentado à Banca Avaliadora do Curso em Bacharelado em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais Campus Avançado Arcos, com o objetivo de obtenção plena dos pontos de TAI em todas as matérias deste respectivo semestre.

Professor: Dr. Niltom Vieira Junior

Arcos – MG
2019

Epígrafe

“Os nossos pais amam-nos porque somos seus filhos, é um fato inalterável. Nos momentos de sucesso, isso pode parecer irrelevante, mas nas ocasiões de fracasso, oferecem um consolo e uma segurança que não se encontram em qualquer outro lugar.”
Bertrand Russell

Dedicatória

Dedicamos este trabalho à nossas famílias em função de sempre terem nos apoiados em nossas escolhas, eles são a causa de estarmos presentes hoje neste Curso de Engenharia Mecânica, o qual nos proporciona uma nova maneira de enxergar o mundo a nossa volta.

Dedicamos este trabalho à todos os professores, pois sem eles não seria possível concluir mais esta etapa, em razão de serem os *vetores*, do nosso futuro acadêmico.

Dedicamos também este trabalho à todos os funcionários que fazem parte da instituição IFMG Arcos, sabemos que trabalham muito nos bastidores, fazendo com que o *show* não pare.

Agradecimentos

Agradecemos primeiramente à Deus, sem ele nada seria possível e por nos abençoar todos os dias, felicitamos a coordenação do IFMG Arcos e todos os nossos tutores por nos orientar e auxiliar neste trabalho acadêmico, parabenizamos nossos veteranos que nos ampararam durante o desenvolvimento de nosso projeto, gratulamos nossos familiares e colegas de curso com quem convivemos todos os dias e sabem quão difícil é cumprir com os objetivos de nossa jornada.

Lista de Figuras

Figura 1: Ilustração dos ossos do punho.....	11
Figura 2: Ilustração estrutura óssea da mão	12
Figura 3: Prótese passiva estética	13
Figura 4: Prótese passiva estética	14
Figura 5: Prótese para atividade laboral	14
Figura 6: Prótese mecânica.....	15
Figura 7: Prótese bebionic	16
Figura 8: Teste de Impressão.....	18
Figura 9: Protótipo de Funcionamento	19

Lista de abreviaturas e siglas

3D – Tridimensional

ABS – Acrilonitrila Butadieno Estireno, do inglês “*Acrylonitrile Butadiene Styrene*”

CAD – Desenho assistido por computador, do inglês “*Computer Aided Design*”

CAM – Manufatura assistido por computador, do inglês “*Computer Aided Manufacturing*”

Kg – Quilograma, do Sistema Internacional “*kelvin-grama*”

PETG – Politereftalato de etileno glicol, do inglês “*Polyethylene Terephthalate-Glycol*”

PLA – Políácido Láctico, do inglês “*Polylactic Acid*”

SUS – Sistema Único de Saúde

WARP – Empenamento

Sumário

1 Resumo	9
2 Abstract.....	9
3 Introdução.....	10
3.1 Objetivos.....	10
4 Revisão Bibliográfica	11
4.1 Ossos do Carpo.....	11
4.2 Ossos do Metacarpo	12
4.3 Ossos das Falanges	12
5 Próteses e suas variações	13
5.1 Próteses passivas	13
5.2 Próteses ativas	15
5.2.1 Próteses mecânicas	15
5.2.2 Próteses acionada por comando mioelétrico	15
6 Metodologia.....	17
6.1 Material.....	17
7 Desenvolvimento.....	18
7.1 Resultados.....	18
8 Cronograma	20
9 Considerações/Conclusões	20
Referências Bibliográficas.....	21
Referências das Figuras	22

1 Resumo

Os altos custos sobre uma prótese de membro humano, tal como uma mão mecânica, acabam tornando proibitiva a sua aquisição, por pessoas de baixa renda familiar. O trabalho consiste no estudo e desenvolvimento de uma prótese de mão mecânica com mecanismos de simples acionamento que funcionará como as articulações de uma mão humana, que possa ser confeccionada a um baixo custo, assim podemos atender aquela fração de pessoas mais carentes da população as quais precisam de uma prótese de mão para realização das funções mais simples no dia a dia, como pegar um copo de água.

A mão será confeccionada através de uma impressora 3D, devido a facilidade de desenvolvimento do projeto através de CAD e construção de objetos sem que se requeira usinagem pesada, além da variedade de materiais à disposição, (isso depende também da capacidade da impressora).

Palavras Chaves: mão mecânica, prótese, 3D, CAD, CAM

2 Abstract

The high costs on a human limestone, such as a mechanical hand, have finally reinforcing its acquisition, by people of low family income. The work consists of the study and development of a mechanical hand prosthesis with simple-drive mechanisms that it was working as the joints of a human mao, which can be performed at a low cost, so we can meet that fraction of people more needy of the population which need a prosthesis of hand to perform the functions simpler on day to day, such as catching a glass of water.

The hand will be made a 3D printer, due to the ease of development project by CAD and construction of objects without that heavy machining machines.

Keywords: mechanical hand, prosthesis, 3D, CAD, CAM

3 Introdução

Fazendo uma análise no contexto econômico brasileiro, observamos que a maior parte da população brasileira é de baixa renda e em se tratando de deficientes físicos, a renda pode ser ainda menor, porque muitos são incapacitados de desenvolver um trabalho adequado devido às dificuldades decorrentes da própria deficiência, acarretando ainda mais restrição de tais deficientes adquirirem uma prótese para maior independência, autonomia e integração ao meio social.

Nos dias de hoje, a acessibilidade a uma prótese de um membro do corpo humano é algo proibitivo, devido ao alto valor se adquirido particularmente e caso for solicitado por meio do SUS, possui toda uma burocracia envolvida que acabará dificultando ou até mesmo impossibilitando sua aquisição, apesar da existência de legislação regulamentando o direito da pessoa deficiente [ou necessitada] solicitar tal recurso.

3.1 Objetivos

Tem-se como objetivo estudar e demonstrar os movimentos de uma mão mecânica, construindo mecanismos para que seja feito o acionamento dos movimentos com um simples movimento, no qual o usuário irá apenas dobrar o antebraço para a mão fechar e estica-lo para abrir, assim, conseguindo pegar objetos leves e de pequeno porte, como por exemplo um copo de água, facilitando a vida dos usuários.

Devido a atual situação econômica do país e o índice de portadores de deficiências físicas, não assistidos pelo SUS, este trabalho tem como objetivo alcançar aquela parcela da sociedade brasileira que possui especificamente como deficiência a falta de uma das mãos, trazendo como propósito a amenização das dificuldades enfrentadas e a possibilidade de realização das funções básicas rotineiras de uma pessoa comum, através de uma prótese de mão mecânica de baixo custo, de usabilidade simples e eficiente.

4 Revisão Bibliográfica

A mão do ser humano divide-se basicamente em três partes: carpo, metacarpo e dedos. O punho se compõe de oito ossos do carpo dispostos principalmente por articulações. A palma da mão contém cinco ossos metacarpais. Cada um deles se articula, em sua extremidade distal (superior), ao osso do dedo (falange), do qual existem dois no polegar e três em cada um dos outros quatro dedos. O punho e a mão são movimentados por mais de 50 músculos, incluindo vários do antebraço, para proporcionar grande flexibilidade e manipulação delicada. Modificado de (PARKER, 2007)

4.1 Ossos do Carpo

Carpo: grupo de ossos próximos ao braço, estrutura também conhecida como punho, é formada por duas linhas de ossos, sendo a primeira formada pelos ossos escafóide, semilunar, piramidal e pisiforme, e a segunda formada pelos ossos trapézio, trapezóide, capitato e hamato, totalizando 8 ossos (PANCHAL-KILDARE; MALONE, 2013).

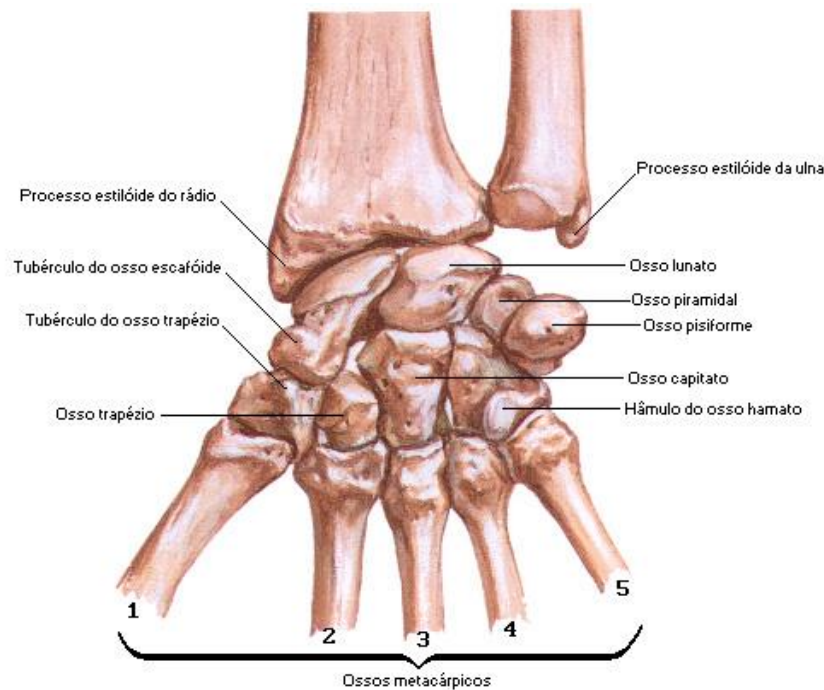


Figura 1: Ilustração dos ossos do punho

4.2 Ossos do Metacarpo

Metacarpo: grupo de cinco ossos que forma a palma da mão, chamados de metacarpais. Estes ossos são enumerados de acordo com estrutura a quem pertencem, iniciando em 1 para a estrutura do dedo polegar e finalizando em 5 para o dedo mínimo (PANCHAL-KILDARE; MALONE, 2013).

4.3 Ossos das Falanges

Falanges: grupo de ossos que formam os dedos. Os dedos indicador, médio, anelar e mínimo são formados pelas falanges proximais, médias e distais, enquanto o polegar é formado somente pelas falanges proximal e distal (PANCHAL-KILDARE; MALONE, 2013).

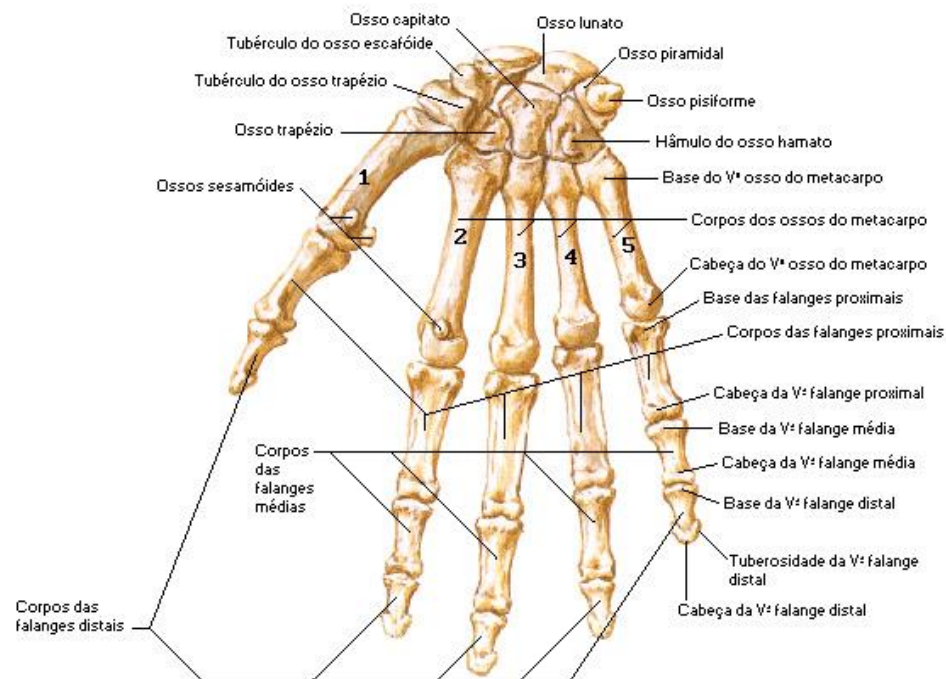


Figura 2: Ilustração estrutura óssea da mão

5 Próteses e suas variações

A prótese tem a função de substituir artificialmente uma parte faltante do corpo, conferindo independência, qualidade de vida e autoestima (CARVALHO, 2004).

Com o intuito de se obter próteses cada vez mais funcionais, vários tipos e modelos foram desenvolvidos gerando a necessidade de classificá-los. Uma forma interessante de classificação é considerar suas características técnicas (BLOHMKE, 1994), conforme será apresentado a seguir.

5.1 Próteses passivas

As próteses passivas, não são funcionais e são divididas em próteses estéticas e para atividade laboral. As próteses estéticas são indicadas para pacientes que têm exigências no quesito aparência, renunciando às funcionalidades das próteses ativas. Por não ter articulações, este tipo de prótese tem peso menor, conferindo conforto ao paciente, contudo, são flexíveis e se deformam de acordo com as cargas que lhe são atribuídas. Modificado de (BLOHMKE, 1994; CUNHA, 1999).



Figura 3: Prótese passiva estética



Figura 4: Prótese passiva estética

As próteses para atividade laboral, são dispositivos que geralmente têm uma ferramenta na extremidade distal e são utilizadas pelos pacientes para auxiliar em tarefas simples, como por exemplo um gancho na extremidade oposta a que se fixa ao coto do braço, possibilitando ao paciente, transportar uma mala, por exemplo. (CUNHA, 1999; CARVALHO, 2004).



Figura 5: Prótese para atividade laboral

5.2 Próteses ativas

As próteses ativas são próteses funcionais acionadas pelo paciente, sendo divididas em dois grupos: ativas acionadas por força própria e ativas acionadas por força externa (BLOHMKE, 1994).

5.2.1 Próteses mecânicas

As próteses mecânicas pertencem ao grupo de próteses ativas de força própria, sendo o paciente a fonte de energia. São acionadas com determinados movimentos do paciente, por exemplo, fazendo com que os dedos de uma prótese se movimentem ao fazer flexão ou extensão do punho. Os movimentos são acionados por tirantes ou cabos. (BLOHMKE, 1994; CUNHA, 1999).



Figura 6: Prótese mecânica

5.2.2 Próteses acionada por comando mioelétrico

A primeira prótese mioelétrica foi desenvolvida pelo físico Reinhold Reiter nos anos 40 e teve sua pesquisa publicada em 1948. Devido à precariedade dos meios de comunicação da época, esta descoberta foi pouco divulgada, acarretando no desenvolvimento dessa mesma tecnologia em outros países como Inglaterra (CHILDRESS, 1985).

As próteses mioelétricas são controladas pelos pacientes através de contrações musculares do coto, gerando sinais elétricos da ordem de microvolts que são captados por eletrodos que enviam estes sinais ao controlador eletrônico da prótese. O controlador da prótese interpreta os sinais recebidos e comanda os atuadores para realizar as preensões comandadas pelo paciente (CUNHA, 1999).



Figura 7: Prótese bebionic

6 Metodologia

A mão é baseada em um modelo 3D orgânico adaptada com materiais que articulam de forma eficiente, produzindo movimentos e funcionalidades semelhantes à de uma mão humana. A partir desse modelo viemos a criar os mecanismos necessários, para que seja possível a sua utilização como uma mão mecânica. Foi feito o estudo da anatomia da mão humana e conclui-se que estão ligados os ossos do rádio e ulna aos ossículos do “punho”, e os ossículos do carpo e a “palma da mão” aos ossos dos metacarpos, os quais serão uma única peça sem articulação, ou seja, uma peça inteiriça que irá se prender ao antebraço através de um dispositivo do tipo órtese, passível de ajuste através de amarras. Por sua vez, os “dedos” ou falanges (distais, médias e proximais), são articulados em relação à “palma da mão”, o único dedo que se diferencia é o dedo polegar, que será uma peça única e inteiriça, este também será articulado em relação à palma da mão.

Os movimentos serão limitados a abrir e fechar os dedos simultaneamente, mecânica resultante do ato de esticar filamentos do tipo poliamida, os quais cumprem com o papel de tendões. Tais filamentos serão presos nas partes inferiores do que seriam as falanges distais, as quais formam uma peça única junto às falanges médias, que são articuladas em relação às falanges proximais, à palma da mão e ao restante da estrutura. O movimento que efetua o retorno dos dedos à posição de “repouso”, ou seja, com as falanges estendidas, é realizado através de elásticos do tipo ortodôntico, que são postos e fixados entre as falanges e metacarpos na parte posterior à mão.

A confecção das peças será realizada através de impressão 3D com PLA (poliácido láctico), escolhido por ser um material de fácil utilização, não requerer espaço tratado termicamente e não sofrer tanto com “*WARP*” (deformação), como na impressão com ABS, que requer cuidados especiais como manter o ambiente da impressão aquecido.

6.1 Material

O material escolhido pelo grupo para confeccionar a mão foi o PLA (Ácido Polilático), que segundo a 3D LAB, empresa especializada em impressão 3D, possui temperatura de fusão baixa, aproximadamente 185°C e transição vítrea de 60°C, ou seja, a partir dessa temperatura o material já começa a amolecer e tornar-se maleável.

Outros fatores que foram discutidos antes da escolha desse material, foi que o PLA é mais popular e mais utilizado que o ABS e o PETG. O ABS tem temperatura de fusão de 220°C e uma transição vítrea de 100°C, já o PETG possui uma temperatura de fusão de 240°C e temperatura de transição vítrea de 85°C.

O PLA não sofre tanto *WARP* ou deformação quando comparado aos outros materiais e é biodegradável, ou seja, degrada-se facilmente em água e dióxido de carbono.

Um rolo de filamento de PLA de massa de 1kg custa aproximadamente R\$140,00, mas quando comparado ao preço dos materiais para se fazer uma mão mais moderna, esse preço torna-se mínimo à medida que visamos um melhor custo benefício.

7 Desenvolvimento

Durante o desenvolvimento do projeto houve dúvidas sobre como seriam os mecanismos que fariam a mão abrir e fechar, primeiramente depois de uma reunião entre os membros do grupo e um professor foi decidido que seriam utilizados fios de nylon elástico para fazer com que a mão abrisse e molas de piranhas de cabelo para fazer o fechamento, mas após algumas tentativas de adaptar a mola pode-se perceber que não se conseguiria o resultado esperado. Logo após essa tentativa frustrada decidiu-se que seriam feitas alterações na mão para que fios de nylon (normal e elástico) pudessem passar por dentro dos dedos para fazer os movimentos da mão considerando que as molas foram descartadas.

7.1 Resultados

Após as impressões das peças da mão e alterações necessárias para que os fios de nylon pudessem passar por dentro dos dedos, foi encontrado um grande problema, que seria a impossibilidade de a impressora 3D conseguir fazer os furos para os mecanismos passarem por dentro da mão. Foram efetuadas diversas tentativas para fazer esses furos com uma furadeira comum, porém essas tentativas não foram bem-sucedidas devido a alta rotação da furadeira, que fazia com que a broca esquentasse e derretesse o material, travando e quebrando a própria broca dentro da peça. Seria necessário uma furadeira de bancada para a execução precisa desse processo.

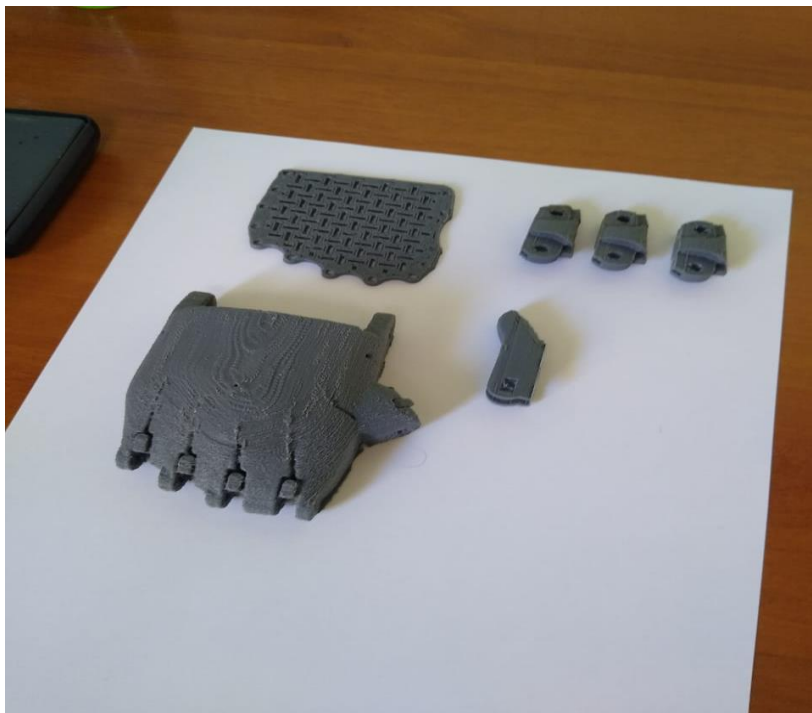


Figura 8: Teste de Impressão

Como não se obteve sucesso na adaptação dos mecanismos, optou-se por fazer um protótipo com apenas dois dedos para demonstrar o funcionamento da mão. Seu desenho 3D foi desenvolvido no Inventor (Software de criação de modelos 3D) e impresso na impressora 3D, desta vez sem nenhum erro na impressão, pois não haviam muitos detalhes no protótipo. Devido a simplicidade desse modelo, o fechamento e abertura dos dedos foram adaptados com parafusos, porcas, linha de pesca e nylon elástico, conseguindo demonstrar como seriam os movimentos da mão já adaptada no paciente.



Figura 9: Protótipo de Funcionamento

8 Cronograma

ETAPAS	FEVEREIRO		MARÇO				ABRIL				MAIO				JUNHO				JULHO
	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1
ELABORAÇÃO DA PROPOSTA DO PROJETO	Planejado	Planejado																	
ESCOLHA DO PROJETO		Planejado	Planejado																
PESQUISAS			Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado
ESTUDO DOS MATERIAIS PARA IMPRESSÃO EM 3D				Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado
ESCOLHA DO MODELO DO DESENHO 3D					Planejado	Planejado													
ADEQUAÇÃO DO DESENHO 3D						Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado
COMPRA DO FILAMENTO							Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado
DESENVOLVIMENTO DOS SLIDES PARA APRESENTAÇÃO								Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado
TREINOS PARA APRESENTAÇÃO									Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado
APRESENTAÇÃO PARCIAL										Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado
IDEALIZAÇÃO DO RELATÓRIO PARCIAL											Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado
IMPRESSÃO DO PROTÓTIPO									Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado	Planejado
ADEQUAÇÃO DOS MECANISMOS																Planejado	Planejado	Planejado	Planejado
IMPRESSÃO DO PRODUTO FINAL																	Planejado	Planejado	Planejado
MONTAGEM DA MÃO																		Planejado	Planejado
AJUSTES																			Planejado
FORMATAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL																			Planejado
REVISÃO E CORREÇÃO DO RELATÓRIO FINAL																			Planejado
IMPRESSÃO DO BANNER																			Planejado
APRESENTAÇÃO FINAL																			Planejado

9 Considerações/Conclusões

Neste trabalho abordaram-se pontos importantes para o estudo e realização de um protótipo de próteses transcarpais e transradiais. Vale ressaltar que uma amputação transcarpal é quando o paciente perde dedos, continuando com a palma ou parte da palma da mão. E uma amputação transradial é quando o paciente perde toda a mão e/ou parte do antebraço. Ao completar os estudos necessários, começou-se a impressão para demonstração do funcionamento. Durante a realização dos protótipos teve-se uma dificuldade na parte de impressão e de montagem devido a falta de ferramentas suficientes para a realização da montagem de funcionamento. Nesse caso era necessário um bico de impressão com diâmetro menor e uma furadeira de bancada. Como não foi possível a compra a tempo desses itens, realizou-se a impressão de uma mão mais simples porém com o funcionamento exposto, passando o nylon por fora dos dedos. Em suma, o trabalho teve os demais objetivos concluídos mesmo com problemas técnicos enfrentados durante o seu decorrer. Obteve-se um grande aprendizado por parte do grupo em relação a próteses e amputações, como parte extra a nossa grade curricular.

Referências Bibliográficas

BLOHMKE, Fritz. **Compêndio Otto Bock - Próteses para Membros Superiores**. Berlin: Schiele & Schön, 1994.

BACHMANN, Albert; FORBERG, Richard. **Desenho Técnico**. Tradução de Inácio Vicente Berlitz. 4º edição. Porto Alegre: Globo, 1979. 337p.

GILAT, Amos. **MATLAB com aplicações em engenharia**. 4º edição. Porto Alegre: Editora Bookman. 2012.

DEMANA, Franklin, **Pré-cálculo**. São Paulo: Editora Pearson, 2009.

NETTER, Frank H. **Atlas de Anatomia Humana**. 7º edição. Porto Alegre: Artmed, 2019.

PANCHAL-KILDARE, S.; MALONE, K. **Skeletal anatomy of the hand**. *Hand clinics*, Elsevier, v. 29, n. 4, p. 459–471, 2013.

MULLER, LEONARDO. **Britânica recebe implante da mais avançada mão biônica do mundo**. Disponível em: <<https://bit.ly/2Nh2lbR>>. Acesso em: 03 de abril de 2019.

FRANCIS, Toni. **Prótese de mão em 3D é impressa para ser implantada em menino de 7 anos**. Disponível em: <<https://glo.bo/2XALwwi>>. Acesso em: 17 de abril de 2019.

ABDALA, Vitor. **Taxa de desemprego é de 12,7% no primeiro trimestre do ano**. Disponível em: <<https://bit.ly/2Vb7C8w>>. Acesso em: 10 de maio de 2019.

BACHUR, Tiago Faggioni. **Como Conseguir Próteses e Aparelhos Ortopédicos Pelo INSS**. Disponível em: <<https://bit.ly/2FC8LvU>>. Acesso em: 06 de março de 2019.

GANDRA, Alana. **Universitários do Rio criam prótese para amputados de membro superior**. Disponível em: <<https://bit.ly/2NaxgCV>>. Acesso em: 28 de março de 2019.

3DLAB. **Conheça as propriedades técnicas dos materiais para impressora 3D**. Disponível em: <<https://bit.ly/2XbCJSn>>. Acesso em: 02 de abril de 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 1060, de 5 de junho de 2002**. [S. l.], 5 jun. 2002. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2002/prt1060_05_06_2002.html>. Acesso em: 25 mar. 2019.

NOTICIA OFICIAL. **Cresce número de pessoas com deficiência no mercado de trabalho formal.** Brasil, 27 set. 2016. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2016/09/cresce-numero-de-pessoas-com-deficiencia-no-mercado-de-trabalho-formal>. Acesso em: 08 de março de 2019.

PARKER, Steve. **The Human Body Book.** [S. l.]: DK, 2013.

Referências das Figuras

Figura 1: NETTER, Frank H. **Atlas de Anatomia Humana.** 7º edição. Porto Alegre: Artmed, 2019.

Figura 2: NETTER, Frank H. **Atlas de Anatomia Humana.** 7º edição. Porto Alegre: Artmed, 2019.

Figura 3: Disponível em: <http://img.medicaexpo.com/pt/images_me/photo-g/80664-9474778.jpg>. Acesso em 02 de julho de 2019.

Figura 4: Disponível em: <http://img.medicaexpo.com/pt/images_me/photo-g/80664-9474778.jpg>. Acesso em 02 de julho de 2019.

Figura 5: Disponível em: <<https://bit.ly/2Xb26nl>>. Acesso em 02 de julho de 2019

Figura 6: Disponível em: <<https://bit.ly/31Ty0mS>>. Acesso em 26 de março 2019

Figura 7: Disponível em: <<http://passofirme.files.wordpress.com/2013/04/bebionic3.jpg?w=700>>. Acesso em 15 de março 2019.

Figura 8: Confeccionado pelos próprios autores.

Figura 9: Confeccionado pelos próprios autores.