

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS

ENGENHARIA MECÂNICA

HAAGA ÉLLEN TOMÉ

N. CLASS.	M 620.1
CUTTER	T6 55 m
ANO/EDIÇÃO	2015

**NOVO CONCEITO PARA SALVAR VIDAS: Engenharia e medicina, ciências que  
juntas melhoram, transformam e salvam vidas utilizando a impressoras 3D**

Varginha

2015

**HAAGA ÉLLEN TOMÉ**

**NOVO CONCEITO PARA SALVAR VIDAS: Engenharia e medicina, ciências que  
juntas melhoram, transformam e salvam vidas utilizando a impressoras 3D**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Me. Alexandre de Oliveira Lopes.

**Varginha**

**2015**

**HAAGA ÉLLEN TOMÉ**

**NOVO CONCEITO PARA SALVAR VIDAS: Engenharia e medicina, ciências que  
juntas melhoram, transformam e salvam vidas utilizando a impressoras 3D**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em 24/10/2015

Sidnei Perreira

Prof.

Giosany Borim Gonçalves

Prof.

Adilene Soares Tirelli

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho inicialmente a Deus, que me sustentou durante toda essa jornada. A minha família, principalmente aos meus pais pelo exemplo e pelo apoio em toda esta trajetória. Finalmente aos meus colegas de sala, colegas de trabalho e professores que me auxiliaram na realização deste trabalho.

“Sabe o que é mais caro na engenharia? O desconhecimento.”

Luiz Anibal de Oliveira Santos

**Grupo Educacional UNIS**

## AGRADECIMENTOS

Em todas minhas conquistas agradeço em primeiro lugar a Deus, nesta não seria diferente. Aos meus pais, meu irmão aos meus familiares e amigos por nunca me deixarem desistir nesta caminhada. Agradeço com muito carinho a cada um dos professores que me ajudaram ao decorrer dessa caminhada e contribuíram para a realização deste trabalho e ao meu sucesso.

## RESUMO

Esse trabalho explana sobre a junção das duas ciências, engenharia e medicina, que podem ser denominados como biônica, no qual é um campo que tem o estudo dos implantes sintéticos em sistemas naturais como por exemplo, próteses e órgãos artificiais. Neste caso, a engenharia enxerga o corpo humano como uma máquina biológica. Dessa forma, a engenharia dedica em buscar meios de substituições das funções biológicas pela tecnologia. Fornecendo soluções para os problemas relacionado a saúde humana viabilizando próteses, futuramente órgãos, tornando-as acessíveis a pessoas que necessitem dessa tecnologia. Nasce então a era da impressão 3D tornando em um novo conceito para melhorar, transformar e salvar vidas.

**Palavras-chave:** Impressora 3D. medicina biônica.

## **ABSTRACT**

*This work explains about the junction of two sciences, engineering and medicine, which can be termed as bionics, which is a field that has the study of synthetic implants in natural systems such as prostheses and artificial organs. In this case, the engineer sees the human body as a biological machine. Thus, the engineering dedicated to seeking means of substitution of biological functions by technology. Providing solutions to problems related to human health enabling prostheses, future organs, making them accessible to people who need this technology. Thus is born the era of 3D printing in making a new concept to improve, transform and save lives.*

**Keywords:** *3D Printer. Bionic medicine.*

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	10
2 HISTÓRICO .....	11
2.1 Tipos de impressoras .....	14
3 IMPRESSORA 3D.....	15
3.1 Pioneiros da impressora 3D.....	15
3.2 Descrição e funcionamento da impressora 3D.....	16
3.3 Diferentes técnicas de impressão 3D.....	17
3.4 Aplicações diversas da impressora 3D.....	19
4 NOVO CONCEITO PARA SALVAR VIDAS .....	22
4.1 Impressoras 3D na medicina .....	22
4.2 Prótese.....	22
4.3 Cartilagem e osso .....	26
4.4 Órgãos e vasos sanguíneos .....	27
5 IMPRESSÃO 3D NO BRASIL.....	29
6.1 Vantagens .....	30
6.2 Desvantagens.....	31
7 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS .....	33

## 1 INTRODUÇÃO

O objetivo da medicina é sustentar, aumentar ou até mesmo substituir funções do corpo humano que estejam debilitados, de forma a melhorar o condicionamento de vida e o bem-estar da pessoa que necessite desse procedimento. Sabe-se que na maioria das vezes é necessário a implementação da tecnologia.

A junção das duas ciências, engenharia e medicina, pode ser denominado como biônica, no qual é um campo que tem o estudo dos implantes sintéticos em sistemas naturais como por exemplo, próteses e órgãos artificiais. Neste caso, a engenharia enxerga o corpo humano como uma máquina biológica. Dessa forma, a engenharia dedica em buscar meios de substituições das funções biológicas pela tecnologia.

A evolução dos seres humanos fez com que a inovação se tornasse a palavra chave nos tempos em que temos vivido. Tanto que na década de 80, por Chuck W. Hull, foi inventada uma forma diferente de fabricação, a qual não era mais subtrativa tradicionalmente conhecida, mas sim aditiva, esta conhecida por produzir objetos tridimensionais, nasce então a era 3D.

As aplicações desses objetos são diversas, podendo ser utilizados em várias áreas tais como: engenharia, arquitetura, publicidade, moda, setor alimentício e inclusive na medicina.

Este trabalho está relacionado as impressoras 3D, pois essas apresentam um método de fabricação contrário ao que até então era considerado tradicional, o qual, ao invés de retirar o material para a produção do objeto, ele adiciona o material necessário para o feitiço desse.

No âmbito da medicina as impressoras 3D vêm crescendo de forma surpreendente, pois muitos pesquisadores têm buscado não apenas produções de próteses, mas também produções de tecidos cardíacos, células tronco, cartilagem, ossos entre outros.

Tornar essa tecnologia acessível ao público alvo é também um dos maiores objetivos das impressoras 3D, onde uma prótese de antebraço que custara 40 mil dólares, hoje essa mesma prótese feita em menos de 24 horas custa apenas 50 dólares.

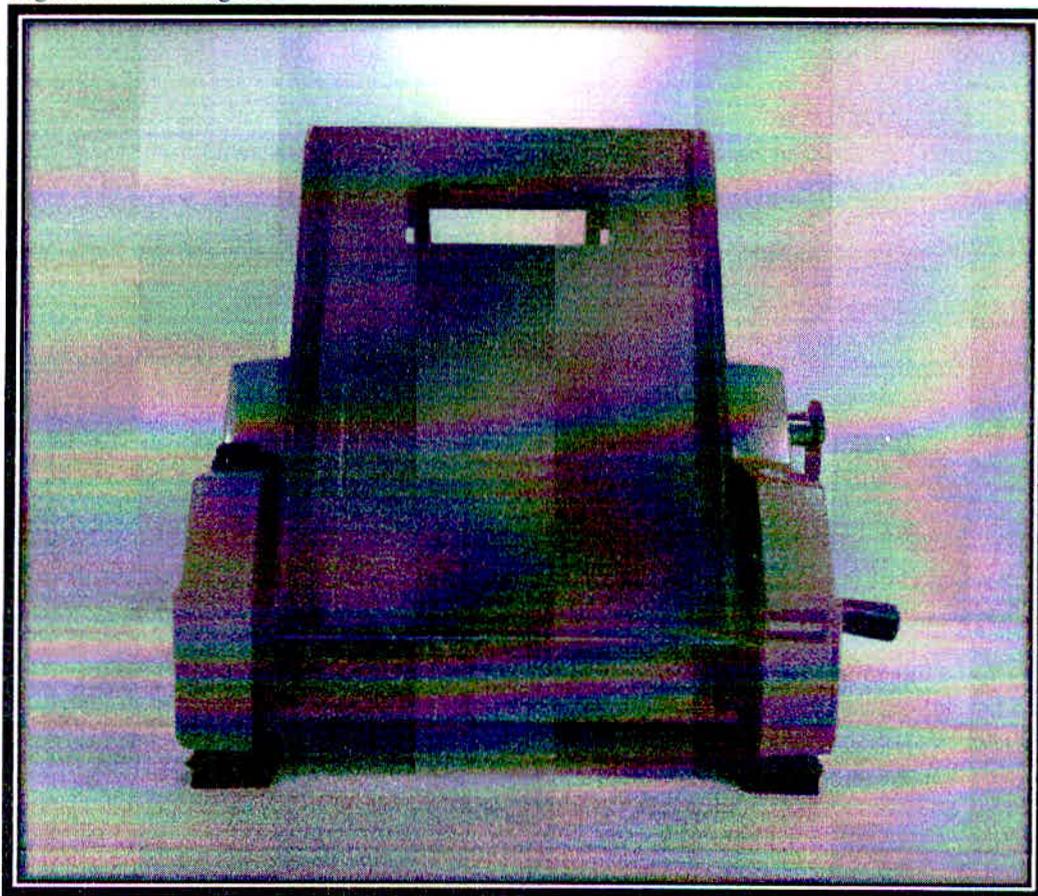
Enfim, é desse modo que essa duas ciências, engenharia e medicina, contribuem para que pessoas que foram debilitadas de alguma forma possam ter as suas vidas mudadas, transformadas e porque não dizer salvas.

## 2 HISTÓRICO

A cada dia que passa, nós seres humanos evoluímos, e com isto estamos sempre buscando algo inovador que venha de encontro a suprir as nossas necessidades. Dessa forma, a medida em que crescemos e desenvolvemos as tecnologias também crescem e desenvolvem tornando os produtos mais acessíveis a baixo custo, porém mantendo o padrão qualidade que cada âmbito exige.

Anos atrás, as professoras utilizavam o mimeógrafo, o qual tinha a função de duplicar. Esta máquina de simples impressão foi patenteada em 1887, por Thomas Edison nos EUA. O mimeógrafo foi a forma mais eficiente e barata de impressão de pequenas tiragens.

Figura 01 – Mimeografo



Fonte: Acervo, Museu municipal de lagoa de três cantos, 2015

Tempos depois vieram as impressoras com o mesmo intuito de duplicação podendo imprimir documentos feitos no computadores, estes com fonte, letras e tamanho da forma que se desejasse.

A primeira impressora foi criada por Chester Carlson em 1938, porém era uma impressão muito lenta, devido que gastava horas para reproduzir uma página.

Figura 02 – 1º impressão xerográfica



Fonte: Xerox, 1938

Figura 03 – Chester Carlson



Fonte: Xerox, 1962

Posteriormente em 1953, foi criada a impressora de alta velocidade, para a época, a qual foi utilizada na *Univac - Universal Automatic Computer*, o primeiro computador comercial da história. Porém as imagens não eram nítidas, pois eram produzidas por meio de impactos.

Figura 04 – Impressora de alta velocidade



Fonte: Desconhecida, 1951.

Há vários outros tipos de impressoras tais como, impressoras térmicas, impressoras de cera térmica, plotter, entre outras.

Enfim, as máquinas de duplicação sofreram uma enorme evolução ao decorrer dos anos. Em 1984 foi criada a primeira impressora 3D (estereolitografia) por Chuck W. Hull, que por sua vez produzia um protótipo de componente eletrônico.

Figura 05 - Chuck Hull (à esquerda) junto a um dos protótipos do que viria a ser a impressora 3D



Fonte: UT-Austin/Reprodução, 1984.

## 2.1 Tipos de impressoras

Desde sua criação as impressoras vêm evoluindo e mostrando ao mundo a sua grande capacidade. Há diversos de tipos e modelos de impressora que vão desde da matricial à impressora 3D.

- a) Impressora de impacto: transferência de tinta para o papel, por meio de forte impacto;
- b) Impressora de jato de tinta: a impressão é feita através de inúmeras gotas pequenas de tintas, as quais são liberadas em uma abertura extremamente pequena dos cartuchos de tintas;
- c) Impressora a laser: utilizam toner ou invés de cartucho produzindo assim, imagens de alta qualidade surgiram em 1983;
- d) Impressora térmica: necessitam de um papel de impressão especial chamado papel térmico que, quando esse passa pela impressora fica escuro onde houve o aquecimento, desse modo, produzindo a imagem;
- e) Plotter: impressão de grande escala e alta qualidade;
- f) Impressora de cera térmica: uma impressora não muito conhecida, porém muito utilizada em impressão de slides profissionais e transparência;
- g) Impressora *dye-sublimation*: a imagem é vaporizada no papel;
- h) Impressora de tinta sólida: essa impressora é mais comum em industrias em alguns setores como a de embalagens;
- i) Impressora de sublimação: além de imprimir em papel, a tinta adere em alumínio, aço inox, entre outros;
- j) Impressora 3D: imprimir qualquer objeto utilizando a impressão tridimensional.

### 3 IMPRESSORA 3D

#### 3.1 Pioneiros da impressora 3D

A origem da impressora 3D é bem recente, apenas 30 anos. Chuck W. Hull em 1984 foi o inventor e posteriormente em 1986 patenteou impressora 3D na qual, implicou na fundação da empresa *3D System*, sendo hoje uma das líderes mundiais nesse ramo.

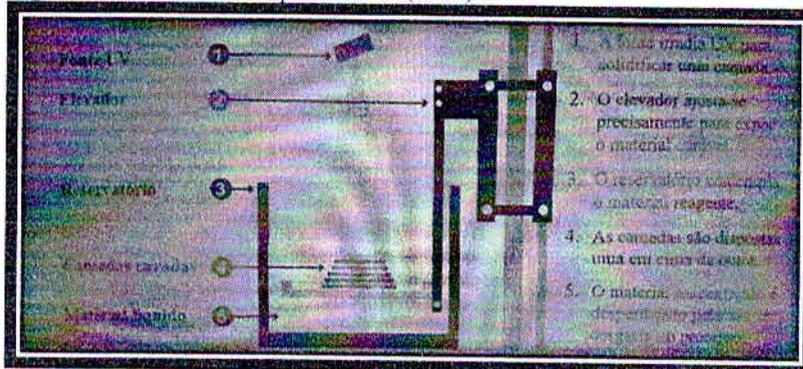
As impressoras tiveram como proposta inicial a solidificação de líquidos fotocuráveis, estereolitografia ou *stereolithography* (SLA). Esta técnica foi definida pelo Hull como o método e máquina para fazer objetos sólidos através da impressão sucessiva de finas camadas do material UV curável, uma em cima da outra.

A estereolitografia faz o uso de uma resina que tem como característica a solidificação mediante a radiação de raios ultravioleta. Assim, a radiação UV é projetada nas camadas sucessivamente, as quais devem ser solidificadas fazendo com que a construção seja na vertical, da base até o topo.

A fabricação em si é comumente conhecida com subtrativa, pois basicamente consiste na retirada do material fazendo o uso de uma série de ferramentas e máquinas tais como usinagem, lapidação, dentre outros, gerando assim o produto final.

Desse modo, a empresa *3D Systems* atraiu a atenção de todos na época, devido que utilizava um tipo incomum de fabricação – a fabricação aditiva. Abaixo está representado pela figura 06 a técnica de estereolitografia.

Figura 06 – técnica de impressão 3D (SLA)



Fonte: Price, 2012

Apesar de tudo, a primeira impressora que foi disponibilizada para o público geral pela empresa de Hull foi a SLA – 250, lançada em 1988.

Figura 07 – SLA-250 foi o primeiro modelo ser disponibilizado



Fonte: Politechnika Rzeszowska, 1988.

### 3.2 Descrição e funcionamento da impressora 3D

Impressoras 3D conseguem imprimir qualquer objeto utilizando a impressão tridimensional. O princípio de funcionamento da impressora 3D é de fácil entendimento, uma cabeça de impressão que se movimenta, depositando pequenas quantidades de material sobre a superfície de impressão. Porém, o cabeçote de impressão se move sobre três eixos, que podemos chamar de X, Y e Z desse modo, eles não correm apenas de um lado para o outro, mas também para frente e para trás, e para cima e para baixo.

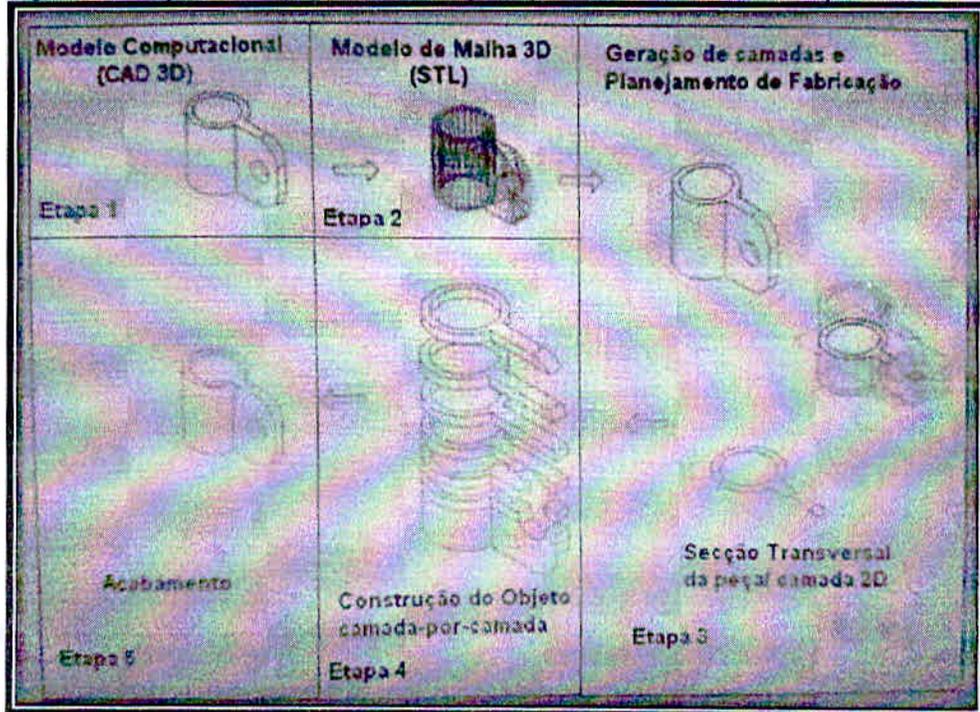
Um outro ponto a ser levado em consideração é que o cabeçote deposita o material em camadas finíssimas. Assim, por meio do depósito de sucessivas camadas do material, a impressora consegue produzir objetos 3D completos feitos de baixo para cima.

É necessário um software em 3D para que o objeto possa ser primeiramente desenvolvido no computador, e posteriormente produzido pela impressora 3D. A maioria desses softwares são gratuitos, dentre alguns softwares que podem ser utilizados temos o *Blender* – considerado o “top do mercado”, *SketchUp Make* – fácil aprendizagem utilizado principalmente por iniciantes de modelagem 3D.

Na figura a seguir mostra um esquemático simplificado do processo da impressora 3D, o qual indica as principais fases que se inicia com um modelo computacional 3D até chegar então na peça final. Dentre as fases desse processo podemos citar: 1º etapa – Modelo

computacional; 2º etapa – Geração de modelo em malha 3D; 3º etapa – Geração de camadas e planejamento de fabricação; 4º etapa - Construção do objeto camada por camada; 5º etapa – Acabamento.

Figura 08 – Representação esquemática do princípio de funcionamento da impressora 3D

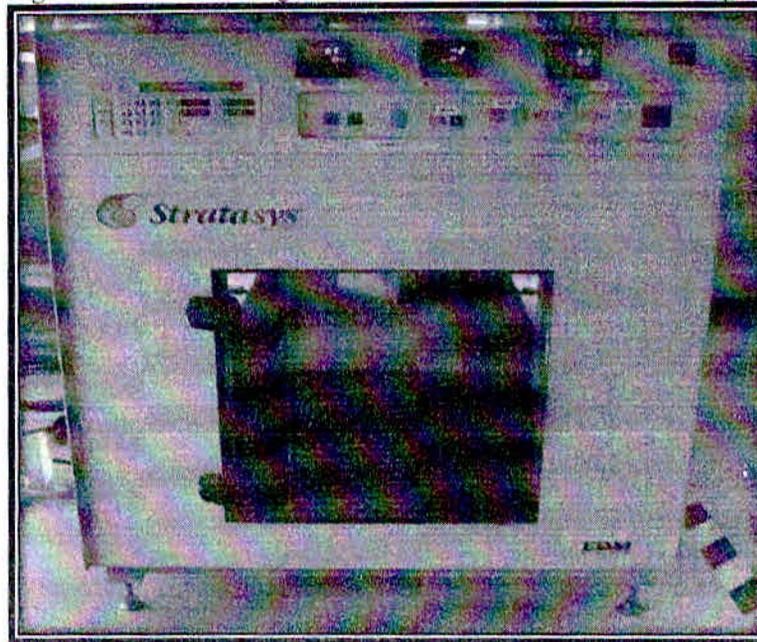


Fonte: Cunico, 2013

### 3.3 Diferentes técnicas de impressão 3D

Em 1989, as patentes de Crump, que originou a empresa *Stratasys* tendo como característica a modelagem por fusão e deposição – *Fused Deposition Modeling* (FDM). Nas décadas seguintes surgiram também sinterização a laser – *Selective Laser Sintering* (SLS), derretimento a laser – *Selective Laser Melting*, *Polyjet*, e outras técnicas que ainda estão em estudo.

Figura 09: Primeira a chegar no mercado com a técnica FDM de impressão.



Fonte: Industry Week, 1988.

A tabela a seguir apresenta uma síntese de algumas técnicas principais de impressão em 3D.

Tabela 01 – Diferentes Tecnologias de impressão 3D

Tipo de Técnica	Tecnologia	Materiais
<b>Polimerização fotossensível</b>	SLA – Estereolitografia	Foto polímeros e resina
<b>Extrusão</b>	FDM – Deposição de filamento fundido	Termoplástico. Misturas e metais eutéticos
<b>Granular</b>	SLS – Sinterização a laser	Ligas metálicas: titânio, alumínio, aço inoxidável
<b>Granular</b>	SLM – Derretimento a laser	Termoplásticos, pós metálicos e cerâmicos
<b>Polimerização</b>	Polyjet	Resinas e foto polímeros combinados

Fonte: Adaptado de Olivares, 2010

SLS e SLM são técnicas bastante parecidas, pois as duas utilizam matérias primas em estado granulado, ou seja, elas utilizam um pó do material a ser produzido. A SLM foi desenvolvida na Alemanha e a SLS foi desenvolvida nos Estados Unidos. Elas são caracterizadas como impressões de alta precisão.

### 3.4 Aplicações diversas da impressora 3D

A tecnologia de impressão 3D já atinge uma grande proporção de áreas distintas como, por exemplo: engenharia, arquitetura, publicidade, moda, setor alimentício e inclusive na medicina.

Segundo o relatório divulgado pelo *The Manufacturing Institute* afirma que 67% das empresas de pequeno e médio porte, norte-americanas, mobilizam-se para incorporar a impressão 3D. “A indústria mista, que combina técnicas tradicionais com a impressão 3D, já faz parte das empresas aeroespaciais, automotivas, de saúde e de moda”, diz John Hornick, especialista em questões legais envolvendo a nova tecnologia.

O uso da impressora 3D é variado, porém é focado em peças que não precisam de produção em massa, no caso os protótipos que são feitos com maior rapidez, e também são utilizados para peças de reposição.

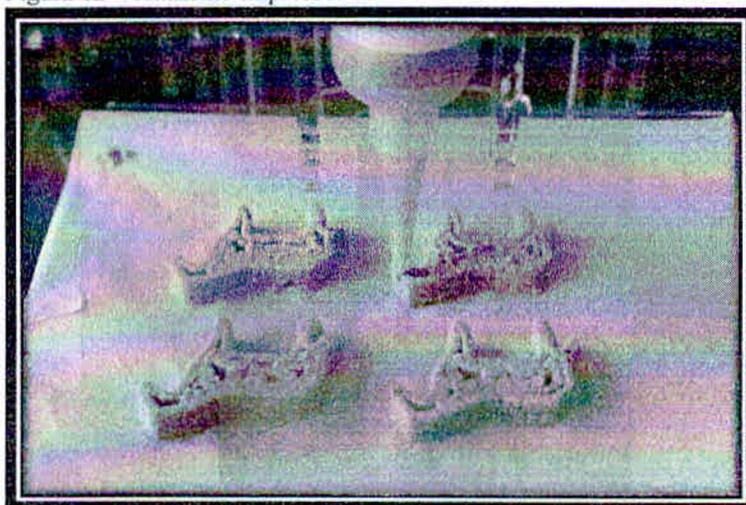
Figura 09 – Placas de concreto feitas pela impressora 3D Win Sun



Fonte: Glowimages, 2015.

Uma outra aplicação proposta pela empresa MX3D, é fazer com que uma ponte se construa a si mesma. Desse modo dois braços robóticos irão juntos fazer a fundação, o acabamento e os trilhos de movimentação da impressora. Este projeto tem o objetivo de estar finalizado em 2017 em Amsterdã, Holanda.

Figura 12 – Alimento impresso.



Fonte: *Natural Machines*, 2013.

## 4 NOVO CONCEITO PARA SALVAR VIDAS

### 4.1 Impressoras 3D na medicina

A impressão 3D veio para evolucionar, inclusive dentro da medicina. A praticidade e rapidez dessa tecnologia a torna cada dia mais viável. O avanço dessa tecnologia vem para ajudar na melhoria do bem-estar das pessoas que necessitam desse recurso.

Contudo, à medida da maturidade destas tecnologias, o número de aplicações foi gradativamente se expandindo, chegando até às áreas de saúde e produção. (GIBSON 2005; LIOU 2007; VOLPATO 2007; CUNICO 2011; CUNICO 2013, p. 2).

### 4.2 Prótese

As próteses feitas pela impressora 3D têm mudado vidas, pessoas que não possuem um poder aquisitivo alto estão tendo o acesso a essas próteses devido ao custo relativamente baixo comparado com as próteses convencionais.

Uma garota chamada Faith Lennox nascida em Los Amigos, na Califórnia aos nove meses de vida por causa de uma doença congênita médicos tiveram que amputar seu antebraço. Uma prótese convencional nunca foi viável para sua família durante sete anos, pois esse equipamento poderia chegar a custa 40 mil dólares.

A prótese impressa da Faith custou apenas 50 dólares, ou seja, a redução do custo para os pais dela foi de 99,875%. Faith adquiriu sua tão esperada prótese com as cores de que mais gostava que foi impressa em menos de 24 horas.

Esse feito só foi possível graças ao grupo de voluntários *E-Nable*, que tem por objetivo imprimir próteses em 3D, além da fabricante *Airwolf 3D* e da Universidade da Califórnia.

Figura 13 – Braço feito na impressora 3D



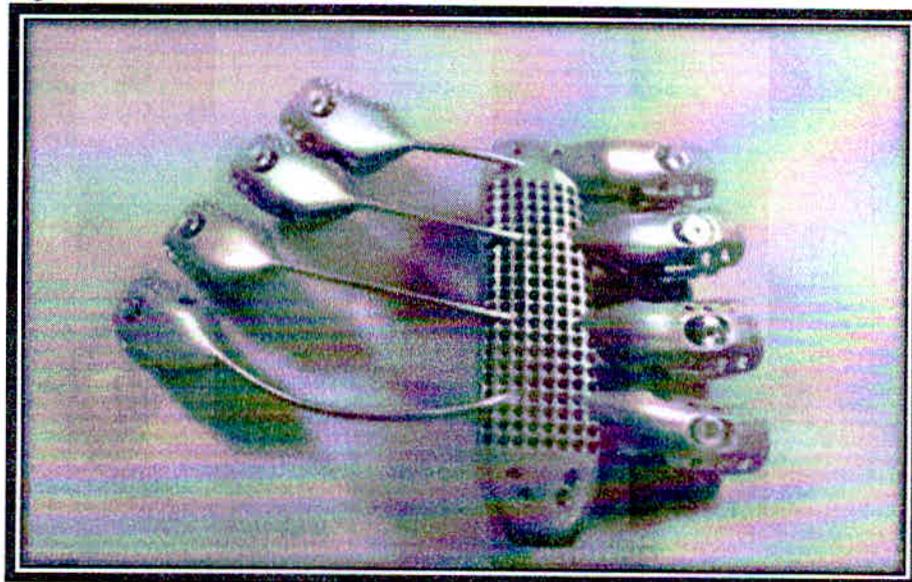
Fonte: Exame, 2015.

Recentemente um homem de 54 anos que mora na Espanha, recebeu a primeira prótese de costela feita em impressora 3D. Este homem cujo o nome não foi revelado, foi diagnosticado com câncer. No caso dele o tumor se desenvolveu no externo, parte central do peito.

O tratamento para esse tipo de câncer é a retirada cirurgicamente dos ossos atingidos pelo tumor. Dessa forma, médicos recorreram a uma prótese impressa em 3D, que por sua vez, a geometria dessa é bastante peculiar.

A prótese foi impressa pela australiana empresa Anatomics, especializada em implantes. Neste caso a impressora 3D trouxe muitas vantagens, tais como a construção da prótese com formato adequado para este homem e também que o processo de impressão foi feito em poucos dias.

Figura 14 – Prótese de costela



Fonte: CSIRO, 2015.

Uma menina de 3 anos na Changsha, China chamada Han Han tinha uma doença conhecida como hidrocefalia. Essa doença faz com que a cabeça cresça com tamanho superior ao o normal, devido ao acúmulo de líquido no crânio.

A doença na Han Han estava tão avançada que o líquido ocupou 85% de seu cérebro, fazendo assim a pressão aumenta, no que desencadeou uma série de danos em algumas funções, como o fluxo de sangue, com isso, a menina fazia um enorme esforço para se levantar, dessa forma foi obrigada a ficar de cama por quase 1 ano.

A qualquer momento o crânio da garotinha podia se romper tendo assim a cirurgia marcada como urgente. Sua família começou a lutar contra o tempo, pois a cirurgia custara em torno de 80 mil dólares, aproximadamente 240 mil reais.

Figura 15 – Han Han ao lado dos implantes feito em impressão 3D.



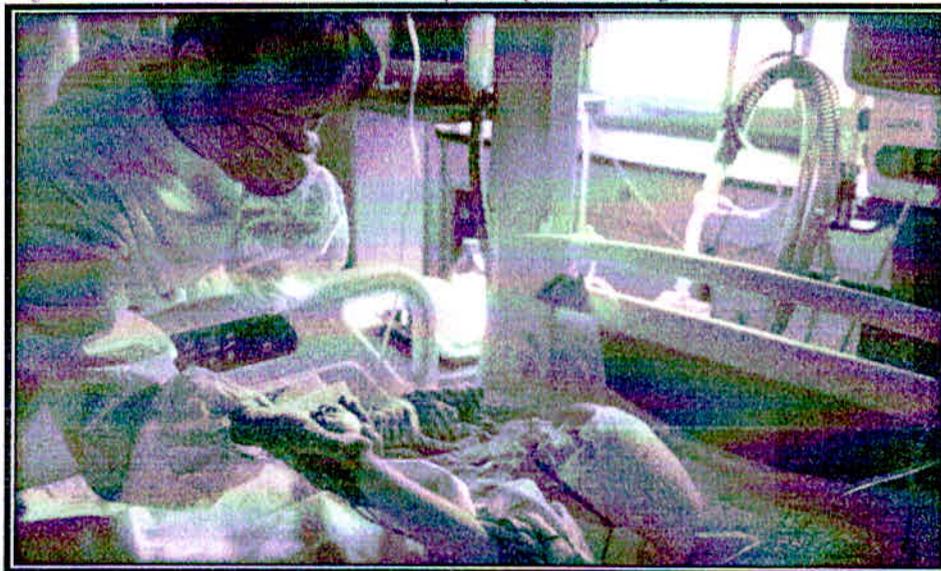
Fonte: Reuters/Stringer, 2015.

A impressão 3D foi utilizada para criar um crânio de liga de titânio e configurando-o de acordo com a cabeça de Han Han. Os médicos utilizaram tomografia computadorizada e dados 3D para criar três implantes que poderiam substituir toda a parte superior do crânio da menina.

A cirurgia de Han Han durara 17 horas, onde foi então implantada as três peças de titânio que substituiu o crânio. A cirurgia foi um sucesso de acordo com o médico Bo Hanan, da província de Hunan, na China, a pequena garota não teria sobrevivido ao verão caso a operação não tivesse sido feita “tivemos primeiro que eliminar a infecção na cabeça de Han Han porque a área da ferida no cérebro era muito grande. Além disso, precisávamos estar seguros para fazer a cirurgia de enxerto de pele e inserir um shunt (espécie de sonda) para ajudar remover o fluido de seu cérebro”, explica Bo.

Os implantes colocados na menina acompanharão o crescimento, pois foram rodeados por seu próprio osso, reforçando a parte superior de seu crânio.

Figura 16 – Han Han com sua tia em hospital depois da cirurgia



Fonte: Reuters/Stringer, 2015.

Nicolas Huchet aos 19 anos de idade perdeu sua mão direita no trabalho, no qual sua função na empresa era mecânico. Hoje já com 32 anos, fez um grande feito na história da inovação que foi produzir a sua própria mão biônica, feita pela impressora 3D.

Figura 17- Nicolas Huchet numa entrevista com EFE.



Fonte: EFE, 2015.

### 4.3 Cartilagem e osso

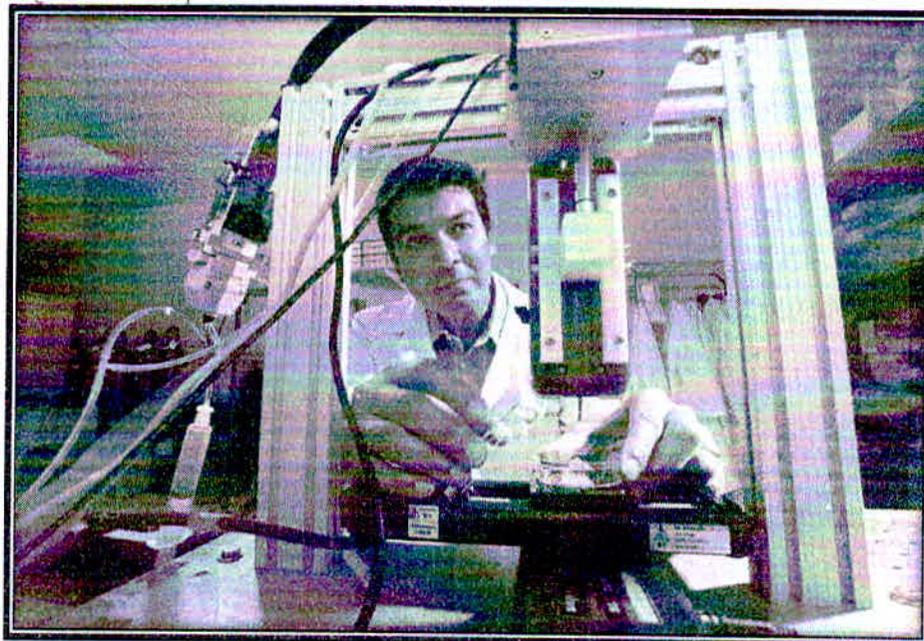
Na Califórnia, Estados Unidos no laboratório de recuperação e reconstrução de joelhos há casos de sucessos de impressão 3D é reconstituição de joelhos em lesões graves. “Elas são eficientes e baratas na comparação com os métodos tradicionais”, diz o ortopedista Darryl D’Lima.

Darryl D’Lima é o pioneiro na reconstrução de cartilagem através das impressoras 3D ele diz que “O uso de impressoras para esta etapa deixa o processo mais barato e confiável porque as cópias saem muito exatas e podem ser cultivadas por mais tempo, antes de serem inseridas no paciente”.

A recuperação da cartilagem é difícil, pois umas das técnicas mais usada consiste em realizar uma biópsia do paciente e fazer a multiplicação dessas células em laboratório. Um dos desafios que ocorre com essa técnica é a circulação sanguínea que, na falta desta leva as células a morrer rapidamente.

Ao decorrer de cinco anos de pesquisa, o pesquisador D’Lima, consegue então criar uma cultura de células de cartilagem, produzida através da impressão, que permite fazer tecidos de 3 milímetros de espessura.

Figura 18 – Pesquisador D’Lima.



Fonte: New York Times, 2013.

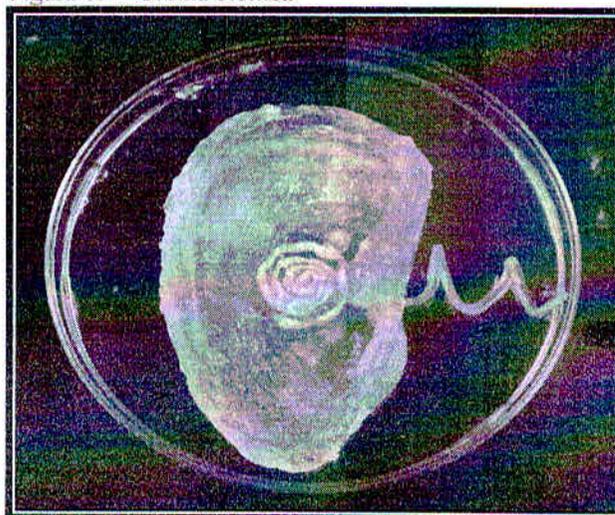
A impressão de ossos também vem se desenvolvendo na medicina. As próteses são feitas sobre medidas e tem se tornado cada vez mais comum.

Um dos casos mais recentes é a do Jose Delgado, um americano que nasceu sem parte da mão esquerda. Ele usava uma prótese de titânio que lhe custou 42 mil dólares, porém ele se sentia desconfortável. O modelo impresso para Jose Delgado saiu por 50 dólares. Além de ser economicamente viável é também muito mais preciso.

Pesquisadores a universidade de Princeton, nos Estados Unido, criaram uma orelha biônica feitas a partir de células de cartilagem, um tipo de polímero e nano partículas eletrônicas, as quais são responsáveis em captar frequências numa escala maior do que o ouvido humano.

O pesquisador Michael McAlpine diz que o modelo criado ainda precisa de mais testes para poder ser de fato usado.

Figura 19 – Orelha biônica



Fonte: Mel Evans, 2013

#### 4.4 Órgãos e vasos sanguíneos

Pesquisador da Universidade Wake Forest, Anthony Atala recriou as bexigas de sete voluntários. O procedimento utilizado pelo pesquisador é quando as células são coletadas, cultivadas, transformadas em uma pasta que funciona como a “tinta” da impressora, como se fosse uma impressora convencional, e depois, reorganizadas em três dimensões.

Um dos obstáculos a ser superado é a quantidade suficiente da pasta para gerar órgãos maiores, com células diferentes entre si e adequando a irrigação de nutrientes e a rede de nervos necessária para que assim continuem funcionais.

Primeiramente, os órgãos são inseridos em um microchip e ligados a um substituto de sangue assim, permiti que os cientistas monitorem de perto alguns tratamentos específicos.

Figura 20 – Anthony Atala



Fonte: BBC Brasil, 2013.

## 5 IMPRESSÃO 3D NO BRASIL

O uso de implantes feito pela impressora 3D ainda não é regulamentado no Brasil pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Para técnica venha ser utilizada é necessário enfrentar a burocracia do órgão para obter uma autorização especial.

A reprodução de um crânio ou de maxilar já é existente, afim de auxiliar os cirurgiões para a simulação do passo a passo de uma cirurgia. O Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), em Campinas, junto ao Ministério da Ciência e Tecnologia são pioneiros neste campo. Desde 2000, o CTI produziu peças para aproximadamente 3 385 cirurgias. "Atendemos quase 500 casos por ano, e o número tem aumentado", diz o engenheiro Jorge Lopes da Silva, chefe da divisão de tecnologias tridimensionais do CTI.

A Anvisa informa que, busca uma parceria com o CTI para regulamentar o uso da impressão 3D na medicina.

### 5.1 Fabrica de impressora 3D de baixo custo

A empresa denominada Cliver Tecnologia, situada na Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), em Porto Alegre (RS). Após várias tentativas em 12 protótipos, a empresa cria então a impressora CL1. Rodrigo Krug engenheiro de controle de automação, diretor da empresa disse que queria uma máquina de baixo custo onde, qualquer pessoa pudesse operar.

A impressão da CL1 é prototipagem rápida que permite que os usuários fabriquem seus próprios objetos.

Figura 21 – Rodrigo Krug e a impressora CL1



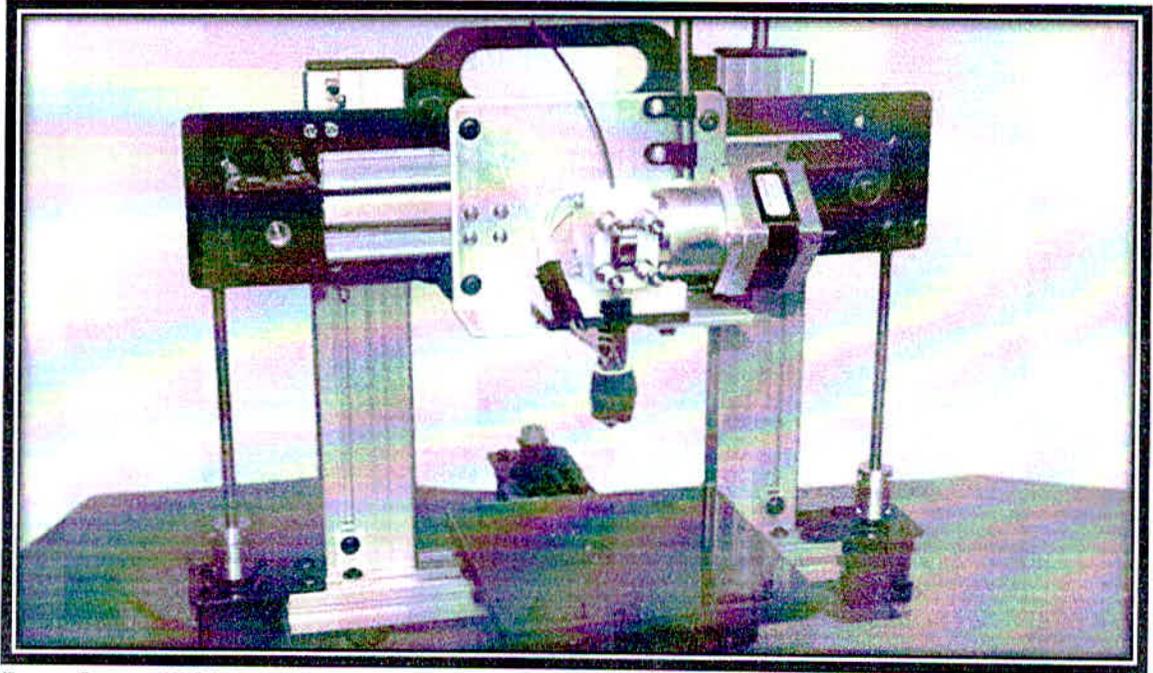
Fonte: Finep, 2013.

## 6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA IMPRESSÃO 3D

### 6.1 Vantagens

- a) A mesma máquina pode produzir objetos diferentes, ou seja, não é necessário criar equipamentos especializados para cada peça que for feita;
- b) Custo relativamente baixo;
- c) Desperdício quase zero, devido que somente é usado o material necessário;
- d) Produção de peças a partir de arquivos digitais;
- e) Rapidamente repostos caso algum protótipo quebre;
- f) A impressora 3D pode se tornar um novo modo de produção causando assim, menores impactos ambientais.

Figura 22 – impressora 3D



Fonte: Exame, 2012.

## 6.2 Desvantagens

- a) Com a possibilidade de qualquer coisa ser reproduzida certamente a pirataria e a falsificação possa vir a ocorrer, tais como: Clonagem de cartões, armas de fogo, remédios e drogas;
- b) Por mais que a impressora 3D seja algo inovador, ela necessita de um usuário capacitado para a utilização dessa, pois é necessário entender de programação de algum software em 3D;
- c) A impressora 3D ainda não garante a produção em larga escala.

Figura 23 – Pistola libertador, produzida por impressora 3D.



Fonte: Reprodução Folha Uol, 2013.

## REFERÊNCIAS

CUNICO, Marlon Wesley Machado. **Impressoras 3D: O novo meio produtivo**. 1 ed. Curitiba. Concep3D Pesquisas Científicas Ltda: 2014.

DABAGUE, Leonardo Augusto Moraes. **O processo de inovação no segmento de impressoras 3D**. Curitiba. 2014.

PALADINI, Fernando. **Como a impressão 3d mudará a medicina para sempre?** 2013. Disponível em <<http://www.terceiradimensao.com/2013/12/como-a-impressao-3d-mudara-a-medicina-para-sempre.html>>. Acesso em 21 setembro 2015.

PALADINI, Fernando. **Tecnologias de impressão 3D: SLA, FDM e SLS**. 2014. Disponível em <<http://www.terceiradimensao.com/2014/01/tecnologias-de-impressao-3d-sla-fdm-e-sls.html>>. Acesso em 2 outubro 2015.

PALADINI, Fernando. **17 softwares gratuitos de modelagem 3D para impressoras 3D**. 2014. Disponível em <<http://www.terceiradimensao.com/2014/01/17-softwares-gratuitos-de-modelagem-3d-para-impressoras-3d.html>>. Acesso em 2 outubro 2015.

KATO, Rafael. **Ponte na Holanda irá construir a si mesma com impressão 3D**. 2015. Disponível em <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/ponte-na-holanda-ira-construir-a-si-mesma-com-impressao-3d>>. Acesso em 15 setembro 2015.

KATO, Rafael. **Uma prótese impressa em 3D mudou a vida de uma garotinha**. 2015. Disponível em <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/uma-protese-impressa-em-3d-mudou-a-vida-de-uma-garotinha>>. Acesso em 15 setembro 2015.

VIANA, Gabriela. **O que é e como funciona a impressora 3D?** 2012. Disponível em <<http://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/01/o-que-e-impressora-3d.html>>. Acesso em 22 setembro 2015.

REDAÇÃO. **Crânio feito de impressora 3D salva vida de menina na China**. 2015. Disponível em <<http://www.otempo.com.br/interessa/sa%C3%BAde-e-ci%C3%Aancia/cr%C3%A2nio-feito-de-impressora-3d-salva-vida-de-menina-na-china-1.1070949>>. Acesso em 20 setembro 2015.

ALECRIM, Emerson. **Um senhor de 54 anos recebeu a primeira prótese de costelas feita em impressora 3D**. 2015. Disponível em <<https://tecnoblog.net/185079/protese-torax-impressora-3d/>>. Acesso em 4 outubro de 2015.

CORDEIRO, Thiago. **As impressoras 3D que importam: Esqueça bonequinhos e canecas de plástico. As máquinas 3D que estão mudando o mundo recriam partes do corpo, comida, remédios e poderão até curar o câncer e reconstruir moléculas aliens**. 2014. Disponível em <<http://revistagalileu.globo.com/Revista/noticia/2014/08/impressoras-3d-que-importam.html>>. Acesso em 29 setembro 2015.

PACIEVITCH, Yuri. **Impressora.** 2015. Disponível em < <http://www.infoescola.com/informatica/impressora/>>. Acesso em 29 setembro 2015.

REDAÇÃO. **Homem fabrica a própria mão biônica de baixo custo com impressora 3D.** 2015. Disponível em < <http://info.abril.com.br/noticias/ciencia/2015/10/homem-fabrica-a-propria-mao-bionica-low-cost-com-impressora-3d.shtml>>. Acesso 10 outubro 2015.

MORAES, Maurício. **Impressoras 3D já são realidade no país.** 2012. Disponível em < <http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/impressoras-3d-ja-sao-realidade-no-pais>>. Acesso em 29 setembro 2015.

DE SOUSA, Edson. **Impressora 3D: confira a evolução do dispositivo desde a sua concepção.** 2014. Disponível em < <http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/11/impressora-3d-confira-evolucao-do-dispositivo-desde-sua-concepcao.html>>. Acesso em 6 setembro 2015.