



**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA**  
**Curso Superior de Tecnologia em Produção Têxtil**

**BRENDA CHAN YUK YU**

**IMPRESSÃO 3D APLICADA NA ÁREA TÊXTIL E MODA:**  
**ROUPA FEITA EM IMPRESSORA 3D**

**Americana, SP**

**2018**



**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE AMERICANA**  
**Curso Superior de Tecnologia em Produção Têxtil**

**BRENDA CHAN YUK YU**

**RA: 0040861613019**

**IMPRESSÃO 3D APLICADA NA ÁREA TÊXTIL E MODA:**  
**ROUPA FEITA EM IMPRESSORA 3D**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de Americana como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Produção Têxtil.

Orientador: Daives Arakem Bergamasco

**Americana, SP**

**2018**

Y82i YU, Brenda Chan Yuk

Impressão 3D aplicada na área têxtil e moda: roupa feita em impressora 3D. / Brenda Chan Yuk Yu. – Americana, 2018.

45f.

Monografia (Curso de Tecnologia em Produção Têxtil) – Faculdade de Tecnologia de Americana – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

Orientador: Prof. Dr. Daives Arakem Bergamasco

1 Tecido técnicos 2. Inovação tecnológica; I. BERGAMASCO, Daives Arakem II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza – Faculdade de Tecnologia de Americana

CDU: 677.077

---

Faculdade de Tecnologia de Americana

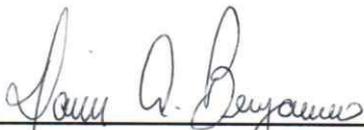
**BRENDA CHAN YUK YU**

**IMPRESSÃO 3D APLICADA NA ÁREA TÊXTIL E MODA:  
ROUPA FEITA EM IMPRESSORA 3D**

Trabalho de graduação apresentado como exigência parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Produção Têxtil pelo Centro Paula Souza – FATEC Faculdade de Tecnologia de Americana.  
Área de concentração: têxtil e moda.

Americana, 8 de dezembro de 2018.

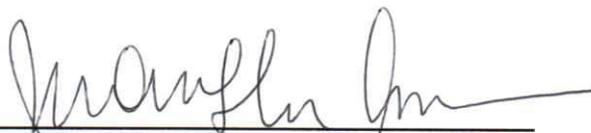
**Banca examinadora:**



Prof. Ms. Daives Arakem Bergamasco  
Fatec – Faculdade de Tecnologia de Americana



Profa. Ms. Maria Adelina Pereira  
Fatec – Faculdade de Tecnologia de Americana



Profa. Dra. Maria Alice Ximeres Cruz  
Fatec – Faculdade de Tecnologia de Americana

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família e ao meu namorado, que me apoiaram na minha trajetória, sem nunca deixarem de acreditar nas minhas capacidades.

Agradeço ao meu orientador Daives, que me ajudou a organizar as ideias, pois sem isso eu não teria conseguido transformar meu tema inicial em um trabalho de conclusão de curso satisfatório.

Agradeço ao Marcelo Osso pela ajuda nas impressões deste trabalho.

Agradeço a todas as pessoas (docentes, colegas de classe e amigos) que direta ou indiretamente estiveram presentes durante o desenvolvimento deste trabalho.

Por fim um agradecimento para mim, pelo esforço e dedicação colocados neste trabalho, levando ele até o fim, apesar das muitas dificuldades que apareceram ao longo desta trajetória.

A todos, minha profunda gratidão!

*“Devo ater-me a meu próprio estilo e seguir meu próprio caminho. E apesar de eu poder nunca mais ter sucesso deste modo, estou convencida de que falharia totalmente de qualquer outro”*

Jane Austen

## RESUMO

Devido ao aumento da competitividade do mercado atual, as indústrias precisam do auxílio das inovações tecnológicas para se destacar entre a concorrência. Nos últimos anos o emprego da tecnologia da impressão 3D vem se popularizando em diversas áreas, sobretudo na área têxtil e moda. Apesar de notável o aumento de produtos impressos que estão sendo comercializados, o conceito de peças impressas vestíveis ainda é pouco difundido, apesar de ele já aparecer em desfiles de moda desde os anos 2000. Partindo do projeto da estilista Danit Peleg, este trabalho fundamenta-se em uma pesquisa bibliográfica sobre as tecnologias existentes de impressão tridimensional, bem como a sua utilização na criação de peças de roupas.

**Palavras-chave:** inovações tecnológicas; impressão 3D; Danit Peleg; peças de roupas.

## **ABSTRACT**

Because of the increased competition between companies on nowadays market, industries require the aid of technological innovations to distinguish between rivalry. In recent years the use of 3D printing technology has become popular in many areas, especially in the textile and fashion. Although noticeable the increase of printed products that are being marketed, the concept of wearable printed pieces is still little diffused, although it has already appeared in fashion shows since the years 2000. Starting from the design of the stylist Danit Peleg, this work is based on a bibliographical research on existing technologies of three-dimensional printing, as well as its use in the creation of pieces of clothing.

**Keywords:** technological innovations; 3D printing; Danit Peleg; pieces of clothing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem-esquema registrada na patente de Charles Hull.....	15
Figura 2 – Esquema de SLA .....	17
Figura 3 – Esquema de SLS .....	18
Figura 4 – Esquema de FDM .....	19
Figura 5 – Esquema de MJM .....	23
Figura 6 – Esquema de LOM .....	24
Figura 7 – Black Drape Dress .....	25
Figura 8 – Peça impressa da coleção <i>Crystallization</i> .....	25
Figura 9 – Peças impressas da coleção <i>Escapism</i> .....	27
Figura 10 – Vestido “ <i>Skeleton</i> ” (coleção <i>Capríole</i> ).....	27
Figura 11 – Vestido “ <i>Cathedral</i> ” (coleção <i>Micro</i> ) .....	28
Figura 12 – Vestido “ <i>Pythagoras Tree</i> ” (coleção <i>Hybrid Holism</i> ).....	28
Figura 13 – Primeiro vestido impresso com flexibilidade (coleção <i>Voltage</i> ) .....	29
Figura 14 – Vestido impresso da coleção <i>Biopiracy</i> .....	29
Figura 15 – Vestido de material transparente (coleção <i>Magnetic Motion</i> ) .....	30
Figura 16 – Peças da coleção <i>Liberty leading the people</i> .....	30
Figura 17 – <i>Loom</i> .....	32
Figura 18 – <i>Kinematics Dress</i> .....	32
Figura 19 – Impressora GTMax3D Core H4 .....	33
Figura 20 – Filamento ABS vermelho.....	34
Figura 21 – Modelo criado por Emmett Lalish.....	35
Figura 22 – Imagens ilustrativas dos componentes do moledo .....	35
Figura 23 – Impressão da peça teste .....	36
Figura 24 – Componente teste .....	36
Figura 25 – Impressão dos componentes da peça .....	37
Figura 26 – Encaixe das extremidades dos componentes .....	38
Figura 27 – Peça finalizada .....	39

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo entre os termoplásticos ABS, PLA e PETG .....	21
Quadro 2 – Propriedades de materiais para impressão 3D.....	22

## LISTA DE SIGLAS

3D	Tridimensional (três dimensões)
ABS	Acrilonitrilo Butadieno Estireno
CAD	Desenho assistido por computador
DLP	Projeção de Luz Direta
DMLS	Sinterização a <i>Laser</i> Metálica Direta
FDM	Modelagem por Deposição de Material Fundido
FFF	Fabricação com Filamento Fundido
LOM	Manufatura de Objetos em Lâminas
MJM	<i>Multi Jet Modeling</i>
PLA	Ácido Polilático
SLA	Estereolitografia
SLM	Fundição Seletiva a <i>Laser</i>
SLS	Sinterização Seletiva a <i>Laser</i>
TPE	Elastômero termoplástico (borracha termoplástica)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
2.1 Contextualização da impressão 3D .....	13
2.2 Tecnologias da impressão 3D .....	16
2.2.1 Estereolitografia (SLA).....	17
2.2.2 Sinterização Seletiva a <i>Laser</i> (SLS).....	17
2.2.3 Sinterização a <i>Laser</i> Metálica Direta (DMLS).....	18
2.2.4 Fundição Seletiva a <i>Laser</i> (SLM) .....	19
2.2.5 Modelagem por Deposição de Material Fundido (FDM) .....	19
2.2.6 Projeção de Luz Direta (DLP).....	22
2.2.7 <i>Multi Jet Modeling</i> (MJM) .....	23
2.2.8 Manufatura de Objetos em Lâminas (LOM) .....	23
2.3 Difusão da impressão 3D na área têxtil e moda.....	24
<b>3 MÉTODOS E PROCESSOS</b> .....	<b>33</b>
3.1 Impressora .....	33
3.2 Matéria-prima .....	34
3.3 Metodologia e impressão .....	34
3.4 Montagem do modelo .....	38
3.5 Custos .....	38
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>39</b>
4.1 Análise dos resultados.....	39
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS – FIGURAS</b> .....	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que devido ao aumento da competitividade do mercado atual a indústria é pressionada com pormenores como necessidade de uma produção mais eficiente, custos e desperdícios reduzidos, além da criação de diversidade de produtos que atendam os desejos e exigências do consumidor. Segundo Pires *et al* (2012, p. 172): “inovações tecnológicas podem ser um grande diferencial nos dias de hoje, a todo instante surgem novos produtos, oriundos de novas tecnologias ou adaptações nas máquinas existentes”. Com o atual avanço tecnológico é possível alcançar novas perspectivas no que diz respeito à criação de produtos que atendam ao gosto contemporâneo do consumidor.

A roupa atualmente exerce um papel fundamental para as pessoas: ela não possui apenas a função de cobrir o corpo, mas ela se tornou um símbolo de personalidade do indivíduo, onde passou a refletir não só seu estilo, mas também seu comportamento, suas raízes culturais, seus gostos e preferências. Pode-se afirmar que a moda se tornou um campo com grande potencial de economia criativa, da qual está totalmente aberta à inovação (MAGALHÃES, BARBOSA, 2016, p. 71).

“Na busca por tecnologia, o setor da moda investe em toda a cadeia produtiva” (MAGALHÃES, BARBOSA, 2016, p. 74). O avanço da tecnologia possibilita o surgimento de novos produtos, com novas funções. Cita-se a área têxtil como exemplo: o surgimento de tecidos tecnológicos com proteção contra raios solares, com efeitos contra a proliferação microbiana, com proteção química e tecnologia anti-chamas, entre outros. “Além do substrato propriamente dito, há ainda forte demanda de investimento em maquinário mais veloz e *softwares* mais eficientes” (MAGALHÃES, BARBOSA, 2016, p. 74)

Uma inovação tecnológica que vêm se popularizando em diversas áreas, inclusive no setor têxtil e moda, é a utilização da tecnologia de impressão de objetos sólidos em três dimensões (“impressão 3D”). Entende-se por impressão 3D como:

[...] um tipo de fabricação a partir de modelos digitais enviados para impressoras capazes de construir objetos por meio de um processo de sobreposição de consecutivas camadas de material, normalmente de filamento plástico. Ela nasce dentro dos domínios da indústria, inicialmente voltada para produzir protótipos com custo menor e maior precisão (NUNES, 2014, p. 11).

Segundo Kuhn e Minuzzi (2015, p. 2): “pôde-se observar que a impressão 3D abriu novas fronteiras para criações no setor do *design* de moda, visto que essa tecnologia permite uma nova transgressão de limites técnicos anteriormente indisponíveis”. Cita-se como exemplo a estilista holandesa Iris van Herpen, pioneira na utilização de impressora 3D em desfiles de moda. Desta maneira, observa-se que a impressão 3D possibilitou gerar novas perspectivas na criação dos *fashion designers*.

Com o passar dos anos, as impressoras 3D se popularizaram e passaram a se tornar mais economicamente viáveis, uma vez que antes eram restritas apenas a grandes empresas devido aos seus altos custos. O trabalho de conclusão de graduação realizado pela estilista israelense Danit Peleg pode ser usado como exemplo: o trabalho apresentou o projeto e execução de uma coleção completa de vestuário, inteiramente produzida em casa com o uso de impressora 3D.

Neste contexto, o presente trabalho objetiva estudar as características da impressão tridimensional, analisando o uso de impressoras 3D para a fabricação de peças vestíveis, averiguando a viabilidade deste projeto, visto que esta tecnologia está em ascendência na área de *fashion design*. Este trabalho se justifica pelo estudo da impressora 3D como tecnologia inovadora da atualidade, difundindo seu uso para novas formas de aplicação, como a confecção de roupas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Contextualização da impressão 3D

“As impressoras 3D podem ser compreendidas como verdadeiras fábricas em forma de máquina” (CUNHA, 2013, p. 10). Tais equipamentos tornam possível a fabricação de objetos de diferentes formas e tamanhos, muitas vezes dispensando o emprego de outros aparelhos e/ou de muitas pessoas para a produção da peça desejada.

Encontra-se uma extensa listagem de nomes relacionados a esta tecnologia: *Automated Fabrication, Solid Freeform Fabrication, Desktop Manufacturing, Layer Manufacturing, 3D Printing, Direct CAD Manufacturing, Additive Processes, Additive Techniques, Rapid Prototyping*, entre outros (ABREU, 2015, p. 9). O termo “impressão 3D” têm se tornado o termo mais utilizado para se referir à impressão tridimensional, também conhecida como prototipagem rápida.

A prototipagem rápida era o termo utilizado para a impressão de protótipos de peças. Segundo Cunha (2013), com o avanço dessa tecnologia tornou-se possível obter os produtos já em sua versão final, prontos para uso e comercialização, convencendo-se utilizar o termo “manufatura aditiva” e não mais “prototipagem rápida” para se referir de maneira mais precisa ao processo de impressão 3D, ainda assim os dois termos técnicos são usados até os dias atuais, sendo que “impressão 3D” é mais conhecido que ambos dentre a população em geral (FERNANDES, MOTA, 2016).

Segundo Fernandes e Mota (2016) a impressão 3D é o processo de criação de objetos reais a partir de modelos computacionais provenientes de modelagens feitas por sistemas de desenho assistido por computador (CAD<sup>1</sup>) ou escaneados de objetos reais com um *scanner* 3D (aparelho que possibilita transformar um objeto real em um modelo digital).

Takagaki (2012, p. 28-29) descreve o princípio do processo de impressão tridimensional como “fatiamentos da figura, geralmente na horizontal, obtendo uma fina camada da figura que é impressa através do processo de deposição de materiais das partes sólidas da figura”, dessa forma sobrepondo as diversas camadas uma sobre a outra, obtendo o objeto final.

---

<sup>1</sup> Do inglês *computer-aided design*.

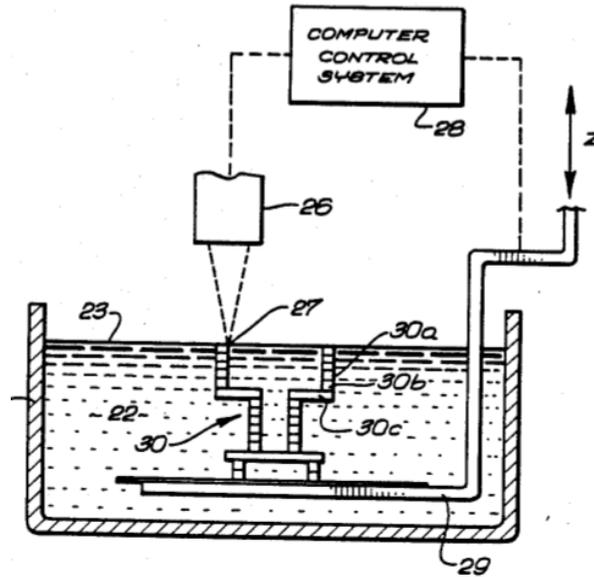
Embora grande parte das pessoas considere que a tecnologia da impressão tridimensional seja atual, ela já existia há algumas décadas. Segundo Abreu e Menezes (2017, p. 3) a impressora 3D surgiu nos anos 80, quando o Dr. Hideo Kodama tentou registrar como tecnologia de prototipagem rápida, para analisar e testar protótipos de produtos antes de irem para a produção em série. Contudo, não foi possível registrar tal tecnologia. Somente em 1986 é que surgiu a primeira patente da impressão tridimensional.

À procura de um modo rápido e eficiente de trazer à vida objetos tridimensionais que existiam apenas em meio digital, Hull se inspirou na então recente invenção das impressoras a jato de tinta para elaborar um processo que possibilitava a fabricação de protótipos das peças que criava no computador em um material frágil, mas que servia aos seus propósitos à época (CUNHA, 2013, p. 14).

Segundo Aguiar e Yonezawa (2014), a técnica da impressão tridimensional teve sua primeira patente registrada por Charles W. Hull em 1984, e publicada em março de 1986. Hull registrou um método de construir objetos tridimensionais denominados estereolitografia (*stereolithography*). A técnica consistia em solidificar camadas de um fotopolímero (similar a uma resina) utilizando a luz.

O processo inicia-se com essa plataforma quase no topo do balde; uma imagem é projetada por alguns segundos sobre a fina camada de resina causando uma solidificação com o formato da imagem projetada. Em seguida essa plataforma desce alguns micrômetros e novamente uma imagem levemente diferente da anterior é projetada para solidificar mais uma camada; assim, de camada em camada, uma solidificada sobre a outra, forma-se o objeto tridimensional (AGUIAR, YONEZAWA, 2014).

Figura 1 – Imagem-esquema registrada na patente de Charles Hull



Fonte: USPTO (1986)

Anos depois, Scott Crump contribuiu com o desenvolvimento das impressoras tridimensionais, registrando sua patente em 1989. O equipamento utilizava o método de modelagem por fusão e deposição (*Fused Deposition Modelin – FDM*) (AGUIAR, YONEZAWA, 2014).

O método de uma impressora 3D FDM é similar a uma impressora jato de tinta, mas com um tipo de pistola de cola quente no lugar do cartucho de tinta. Além do movimento em duas direções que há nas impressoras normais, adiciona-se terceiro eixo para permitir que essa pistola de cola quente vá para cima e para baixo. Com o movimento nas três direções, o bico da impressora 3D deposita fios de material derretido, normalmente plástico, uns sobre os outros, até formar o objeto tridimensional (AGUIAR, YONEZAWA, 2014).

“A impressão 3D propõe eliminar etapas intermediárias entre o projeto e o protótipo, assim antecipando os possíveis erros do produto” (ABREU, MENEZES, 2017, p. 2). Segundo Abreu (2015, p. 9-10) a impressão 3D é um importante instrumento no desenvolvimento de produto, desempenhando um papel fundamental na fase conceitual de um projeto, tornando o processo mais rápido e econômico, provendo vantagens como: diminuição do tempo no desenvolvimento do produto, diminuição de erros na produção (e conseqüentemente nos custos também), minimização de mudanças constantes no processo de produção ou manutenção, decréscimo do tempo de entrega (apresentação e/ou comercialização), entre outros.

A partir de 1986 a tecnologia evoluiu de tal forma que as impressoras 3D deixaram de reproduzir versões prévias dos produtos que seriam fabricados e passaram a produzir produtos já em sua versão final, prontos para o uso e comercialização (CUNHA, 2013, p. 14).

Diante desses avanços, não havia mais como tratar as impressoras 3D como simples meio de obtenção de protótipos, razão pela qual se convencionou adotar a terminologia “manufatura aditiva” para se referir de maneira tecnicamente mais precisa ao processo popularmente conhecido como impressão 3D (CUNHA, 2013, p. 15).

No entanto, Cunha (2013, p. 11) ressalta que as possibilidades de aplicação da impressão 3D não se limitam ao setor industrial: apesar de existir impressoras de alto custo que possibilitam imprimir objetos de grande complexidade e proporção, há também as máquinas voltadas para o uso doméstico, de menor custo e capacidade técnica.

[...] hoje já existem impressoras 3D domésticas que podem imprimir uma ampla gama de pequenos objetos feitos, basicamente, de materiais plásticos, como capas para celular, armações de óculos, *action figures* e xícaras, e impressoras que envolvem custos elevados, detidas por indústrias, laboratórios e empresas em geral, as quais já conseguiram fabricar roupas, instrumentos musicais, próteses médicas de alta qualidade, peças de reposição, carros, casas e até mesmo tecidos humanos (CUNHA, 2013, p. 19).

## **2.2 Tecnologias da impressão 3D**

Com o passar dos anos, as tecnologias de impressão tridimensional foram se atualizando, não se limitando apenas a aprimorar o processo concebido por Charles Hull, dispondo de numerosas técnicas (CUNHA, 2013, p. 15).

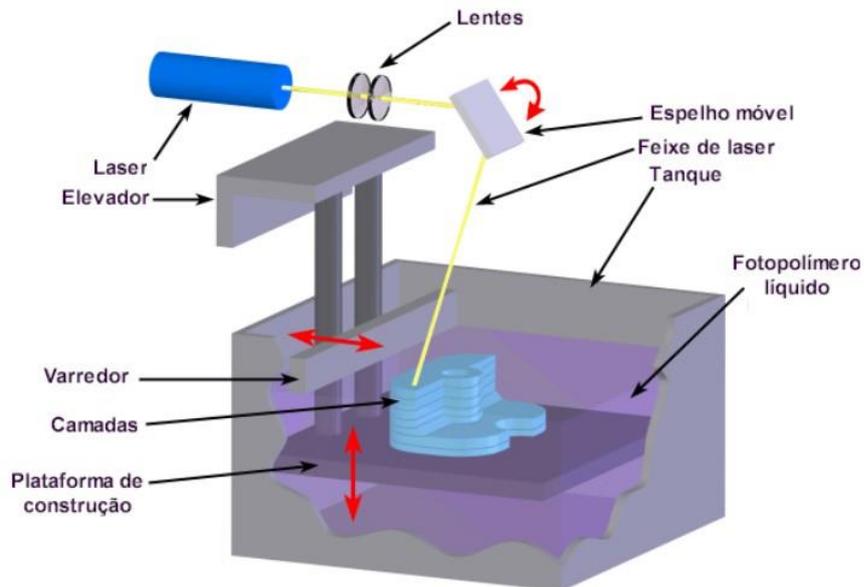
As tecnologias de impressão tridimensional partem do mesmo princípio de transformar um modelo digital em um objeto físico tridimensional, adicionando um material camada por camada. Existem diversas maneiras de se depositar o material nas camadas, apresentadas a seguir.

### 2.2.1 Estereolitografia (SLA)

A estereolitografia (do inglês *stereolithography*) foi a tecnologia pioneira na impressão 3D. Ela consiste na solidificação de um polímero líquido por meio de reação fotoquímica; em outras palavras ela solidifica sob efeito da luz (neste caso, trata-se de um feixe de *laser* ultravioleta) (TAKAGAKI, 2012, p. 29).

O modelo é construído sobre uma plataforma situada imediatamente abaixo da superfície de um banho líquido de resina epóxi ou acrílica. Uma fonte de raio *laser* ultravioleta, com alta precisão de foco, traça a primeira camada, solidificando a secção transversal do modelo e deixando as demais áreas líquidas. A seguir, um elevador mergulha levemente a plataforma no banho de polímero líquido e o raio *laser* cria a segunda camada de polímero sólido acima da primeira. O processo é repetido sucessivas vezes até o protótipo estar completo. Uma vez pronto, o modelo sólido é removido do banho de polímero líquido e lavado. Os suportes são retirados e o modelo é introduzido em um forno de radiação ultravioleta para ser submetido a uma cura completa (ICHI, 2010, p. 24)

Figura 2 – Esquema de SLA



Fonte: ICHI (2010, p. 25)

### 2.2.2 Sinterização Seletiva a Laser (SLS)

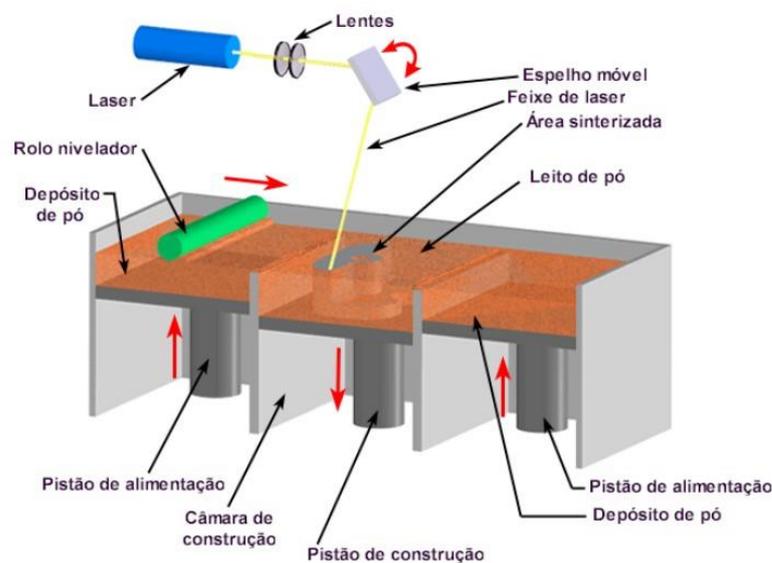
O modelo criado pela SLS (do inglês *Selective Laser Sintering*) utiliza um feixe raio *laser* para fundir, de forma seletiva, o material disposto em forma de pó. A tecnologia SLS possibilita a criação de modelos com ampla variedade de materiais

em pó, como a cera, poliestireno, *nylon*, vidro, cerâmica, entre outros (TAKAGAKI, 2012, p. 29).

Segundo Ichi (2010, p. 26) as peças são produzidas sobre uma plataforma localizada abaixo da superfície de um recipiente preenchido com pó fusível por calor.

O raio *laser* traça a primeira camada, sinterizando o material. A plataforma é ligeiramente baixada, reaplica-se o pó e o raio *laser* traça a segunda camada. O processo continua até que a peça esteja terminada. O pó em excesso ajuda a dar suporte ao componente durante sua construção (ICHI, 2010, p. 26-27).

Figura 3 – Esquema de SLS



Fonte: ICHI (2010, p. 27)

“Durante a impressão, os grânulos de pó não fundidos são usados para apoiar o objeto durante a construção” (TAKAGAKI, 2012, p. 29). Ao término da impressão, grande parte deste material não fundido pode ser reciclado.

### 2.2.3 Sinterização a Laser Metálica Direta (DMLS)

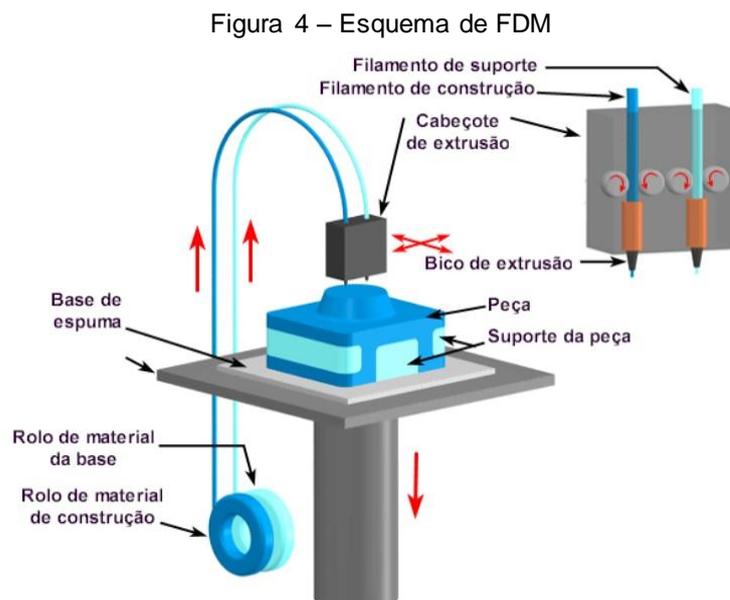
Segundo Takagaki (2012, p. 29), quando o SLS é usado para produzir objetos metálicos, o processo é chamado de DMLS (do inglês *Direct Metal Laser Sintering*). Alguns materiais em pó utilizados são: aço inoxidável, titânio, alumínio e diversas ligas metálicas, como cromo-cobalto (TAKAGAKI, 2012, p. 29).

### 2.2.4 Fundição Seletiva a Laser (SLM)

O SLM (do inglês *Selective Laser Melting*) é considerado uma técnica variante do SLS, onde se utiliza um raio *laser* para derreter todos os grânulos de pó que formam o objeto final e, seguidamente, aquecê-lo apenas o suficiente para fundi-los em conjunto (TAKAGAKI, 2012, p. 30).

### 2.2.5 Modelagem por Deposição de Material Fundido (FDM)

Também conhecida como FFF<sup>2</sup> (Fabricação com Filamento Fundido), o FDM (do inglês *Fused Deposition Modelling*) utiliza filamentos de resina termoplástica, dos quais são aquecidos e depositados em camadas. Os materiais manuseados são extrudados a partir de uma matriz em forma de ponta que se move num plano X-Y<sup>3</sup> (ICHI, 2010, p. 27). De acordo com Takagaki (2012, p. 30), a matriz de extrusão forma filetes finos dos quais são depositados em uma plataforma, formando a primeira camada; a plataforma então se movimenta no sentido vertical, e, em seguida, forma-se a próxima camada. “A plataforma é mantida sob uma temperatura inferior à do material, de forma que a resina termoplástica endureça rapidamente” (ICHI, 2010, p. 28).



Fonte: ICHI (2010, p. 28)

<sup>2</sup> Do inglês *Fused Filament Fabrication*.

<sup>3</sup> Plano formado por dois eixos perpendiculares: um horizontal (x) e um vertical (y).

Segundo Silva (2018, p. 12) os filamentos termoplásticos utilizados no processo de FDM encontram-se disponíveis nos mais variados materiais e cores, geralmente com diâmetros de 1,75 e 3,00 mm.

Geralmente o material a ser extrudado é um termoplástico tipo ABS (acrilonitrilo butadieno estireno), PLA (ácido polilático) e similares. Como, em geral, as maiores partes dos equipamentos de consumo são feitos atualmente em plástico ABS, o FDM com uso de ABS aproxima-se bastante da técnica de plástico injetado que a indústria utiliza para produção em massa (TAKAGAKI, 2012, p. 30).

Os termoplásticos utilizados no processo de FDM possuem características distintas, algumas descritas abaixo:

- **PLA (ácido polilático):** termoplástico biodegradável derivado de fontes renováveis (como o amido). O PLA apresenta alta dureza e rigidez, sendo difícil de deformar ou flexionar, porém é menos resistente a impactos, além de apresentar baixa resistência ao atrito e a temperaturas elevadas, podendo se desgastar e deformar rapidamente nestas condições. Produz modelos com dimensões precisas, com maior fidelidade aos detalhes, conseqüente da sua alta fluidez de extrusão e baixa contração (IMPRESSÃO 3D FÁCIL, 2018).
- **PLA+ (ácido polilático melhorado):** possui as mesmas características do PLA, porém apresenta maior flexibilidade (embora seja ainda rígido), e também maior tenacidade (o que influencia na aderência entre as camadas da peça), além de apresentar melhor resistência mecânica e a impactos (IMPRESSÃO 3D FÁCIL, 2018).
- **ABS (acrilonitrila butadieno estireno):** termoplástico derivado do petróleo. O ABS é um termoplástico rígido, que possui alta resistência a impactos e a temperaturas elevadas (quando comparado com outros termoplásticos), e flexibilidade ligeiramente maior quando comparado ao PLA. O ABS é o material mais fácil de realizar acabamento, pois pode ser facilmente lixado e usinado, além de ser solúvel em acetona,

que favorece em uma superfície alisada de maneira mais prática (IMPRESSÃO 3D FÁCIL, 2018).

- **PETG (politereftalato de etileno glicol):** termoplástico derivado do petróleo, porém é reciclável como o PET (polietileno tereftalato). Produz modelos tão resistentes a impactos quanto o ABS, porém mais flexíveis e resistentes. Possui contração mediana (pouco maior que o PLA, e menor que o ABS), o que garante bons acabamentos na peça, como o PLA, com uma impressão mais fácil do que a realizada com ABS (IMPRESSÃO 3D FÁCIL, 2018).

No Quadro 1 é possível visualizar um comparativo entre os termoplásticos ABS, PLA e PETG. A última linha da tabela (preço por cm<sup>3</sup>/grama/hora) foi adaptada para tornar-se coerente com os valores encontrados atualmente no mercado.

Quadro 1 – Comparativo entre os termoplásticos ABS, PLA e PETG

Propriedade/Desempenho	Menor	Médio	Maior
Ecológico	ABS	PETG	PLA
Brilho	ABS	PLA	PETG
Transparência	ABS	PLA	PETG
Rigidez/dureza	PETG	ABS	PLA
Resistência a impactos	PLA	ABS	PETG
Flexibilidade	PLA	ABS	PETG
Contração	PLA	PETG	ABS
Precisão em detalhes e cantos	ABS	PETG	PLA
Qualidade de superfície da peça	ABS	PETG	PLA
Resistência a atritos	PLA	ABS	PETG
Resistência química	ABS	PLA	PETG
Resistência a altas temperaturas	PLA	PETG	ABS
Facilidade de pós-processamento	PLA	PETG	ABS
Usinabilidade	PLA	PETG	ABS
Densidade	ABS	PLA	PETG
Preço por cm <sup>3</sup> /grama/hora	ABS	PLA	PETG

Fonte: site IMPRESSÃO 3D FÁCIL

Além dos mais conhecidos ABS, PLA e PETG, também existem outros termoplásticos utilizados no processo FDM, como o policarbonato (PC), o PET, o *nylon*, ou o PVA (SILVA, 2018, p. 12). O Quadro 2 apresenta estes materiais, também mostrando resumidamente suas respectivas características.

Quadro 2 – Propriedades de materiais para impressão 3D

Material	Abreviatura	T <sub>m</sub> (°C)	Descrição
Policarbonato	PC	155	Resistente ao impacto. Transparente
Poliamida	<i>Nylon</i>	220	Baixo atrito.
Poliestireno de alto impacto	HIPS	180	Semelhante ao ABS mas pode ser dissolvido. Usado usualmente como suporte
Acrilonitrilo Butadieno Estireno	ABS	215	Flexível, fácil de moldar.
Polietileno Teraftalato	PET	210	Completamente reciclável.
Polietileno Teraftalato modificado com Glicol	PETG	230	Durável, resistente ao impacto
Acetato de polivinilo	PVA	200	Dissolve-se em água quente. Usado como material de suporte
<i>Laywood</i> – Acetato de polivinilo com partículas de madeira	PVA	180	Mistura de madeira. Semelhante ao PLA.
Ácido Polilático	PLA	160	Derivado de plantas e biodegradável.

T<sub>m</sub> representa a temperatura de fusão do material

Fonte: SILVA (2018, p. 13)

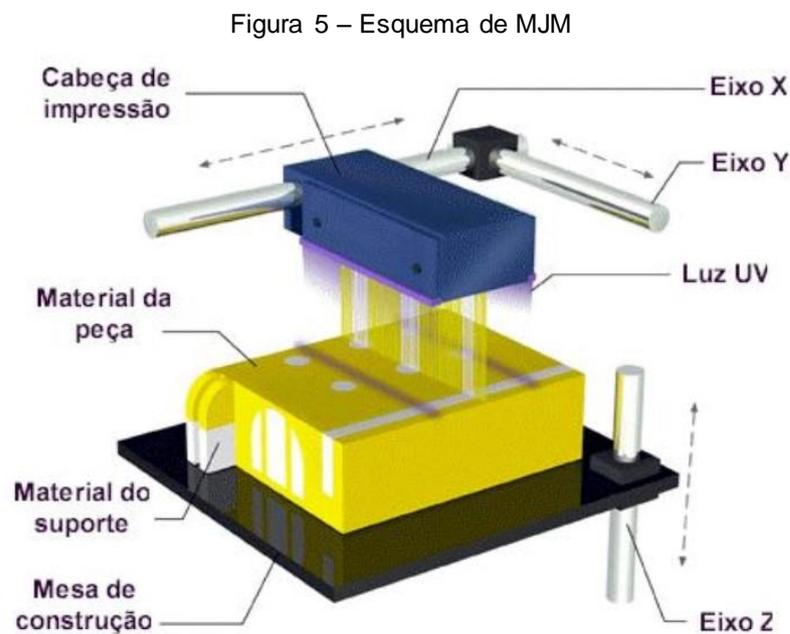
Segundo Takagaki (2012) alguns fabricantes criaram variações do FDM, onde a cabeça de impressão libera materiais alternativos como chocolate, queijos fundidos, entre outros, permitindo a confecção de confeitos com o desenho desejado.

### 2.2.6 Projeção de Luz Direta (DLP)

O processo do DLP (do inglês *Digital Light Processing*) se assemelha ao processo do SLA: em ambos utilizam-se resinas fotossensíveis. No entanto, o DLP se diferencia do SLA por utilizar um projetor para imprimir as camadas, ao invés de um raio *laser*. O DLP cria impressões rápidas e de boa resolução.

### 2.2.7 Multi Jet Modeling (MJM)

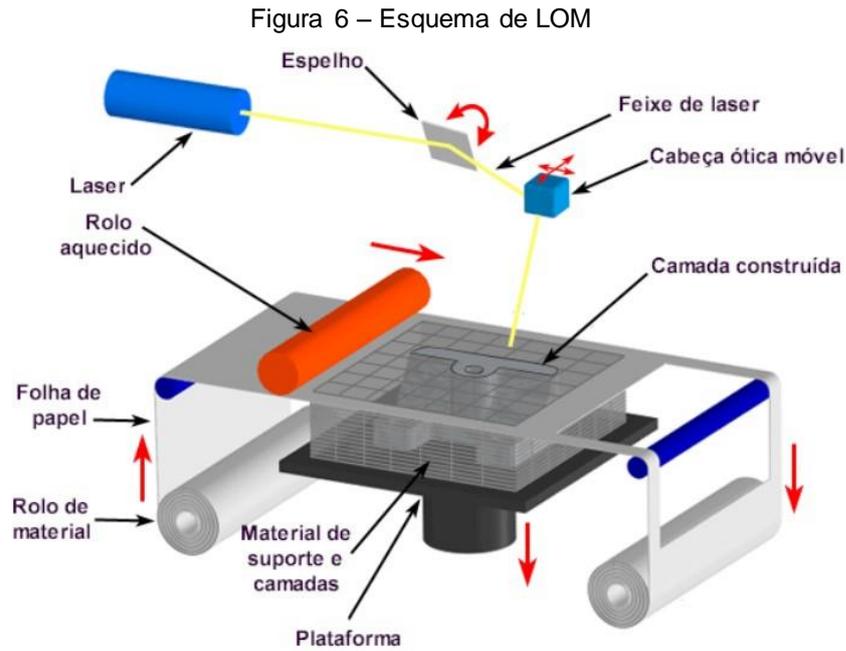
A impressão por MJM (do inglês *Multi Jet Modeling*) enquadra-se em uma classe de equipamentos que utilizam a tecnologia de jato de tinta (ICHI, 2010, p. 30). Os modelos são produzidos a partir de um cabeçote de impressão que se move sobre uma plataforma. O cabeçote deposita uma resina plástica fotossensível que, ao mesmo tempo, recebe uma emissão de luz ultravioleta, solidificando a camada. A plataforma abaixa-se ligeiramente, e o processo é repetido novamente, até o modelo ser impresso por completo. Segundo Ichi (2010, p. 30) “podem ser usados materiais poliméricos, cerâmicos e metálicos”.



Fonte: ICHI (2010, p. 30)

### 2.2.8 Manufatura de Objetos em Lâminas (LOM)

No processo LOM (do inglês *Laminated Object Manufacturing*), o protótipo é formado a partir de camadas de materiais em forma de tiras, das quais são revestidas de adesivo, e posteriormente fundidas empregando calor e pressão sobre elas.



Fonte: ICHI (2010, p. 30)

### 2.3 Difusão da impressão 3D na área têxtil e moda

Nos últimos anos o emprego da impressão 3D vem se popularizando, ganhando espaço na área têxtil e moda. Nota-se crescente aumento de produtos impressos, sendo os mais comuns os acessórios femininos (como brincos e colares). Tais produtos são principalmente comercializados por meio digital (*e-commerce*).

O conceito de peças impressas vestíveis é pouco difundido, apesar de ele já aparecer em desfiles de moda desde os anos 2000. Entretanto as roupas impressas ganharam maior notoriedade nos últimos anos, principalmente em consequência do trabalho de conclusão de graduação da estilista Danit Peleg.

Segundo Kuhn e Minuzzi (2015, p. 3) a primeira peça impressa vestível foi o *Black Drape Dress*, desenvolvido pelo engenheiro industrial Jiri Evenhuis em colaboração com o *designer* industrial Janne Kyttanen, em 2000. Cinco anos depois, Kyttanen desenvolve o *White Drape Dress* juntamente com o *Freedom of Creation* (empresa pioneira em *design* e pesquisa tecnológica, especializada em tecnologias de impressão tridimensional).

Figura 7 – Black Drape Dress



Fonte: *site* REITER (2013)

A impressão 3D chegou aos desfiles de moda uma década depois da apresentação do *Black Drape Dress*. Em 2010, a *designer* de moda Iris Van Herpen, em parceria com o arquiteto Daniel Widrig, apresentou no *Amsterdam Fashion Week* a sua coleção *Crystallization*, da qual incluía uma peça feita com impressão 3D.

Figura 8 – Peça impressa da coleção *Crystallization*

Fonte: *site* HERPEN

Nos anos consecutivos Herpen continuou a incorporar a impressão 3D em seus desfiles. Segundo Kuhn e Minuzzi (2015, p. 3-4):

- Em janeiro de 2011 apresentou quatro modelos impressos, dentro dos seus doze *looks* apresentados da coleção *Escapism (Paris Haute Couture Week)*;
- Em julho de 2011 apresentou o vestido impresso *Skeleton*, dentro da coleção *Capriole (Paris Haute Couture Week)*;
- Em janeiro de 2012 apresentou a peça *Cathedral*, dentro da coleção *Micro (Paris Haute Couture Week)*;
- Em julho de 2012 apresentou sua coleção *Hybrid Holism*, com peças onde há a introdução da tecnologia “*Mammoth Stereolithography*” (estereolitografia realizada em uma máquina que permite impressões de grandes dimensões, de até dois metros de largura, desenvolvida e patenteada pela empresa *Materialise*);
- Em 2013, na coleção *Voltage*, apresentou seu primeiro vestido impresso com flexibilidade, feito em parceria com o *MIT’s Media Lab*;
- Em março de 2014 as peças impressas apresentadas na coleção *Biopiracy* ganharam mais flexibilidade e movimentos, com a adição de novos tipos de materiais;
- Em setembro de 2014 apresentou uma peça impressa em material transparente com formações cristalinas, na coleção *Magnetic Motion*.

Segundo Kuhn e Minuzzi (2015, p. 4) “a *designer* não se destaca apenas por ter sido a primeira estilista a levar às passarelas a impressão 3D em peças de vestuário, mas também pela sua constante pesquisa, criatividade e inovação que apresenta em suas criações”.

Figura 9 – Peças impressas da coleção *Escapism*Fonte: *site* HERPENFigura 10 – Vestido “Skeleton” (coleção *Capriole*)Fonte: *site* HERPEN

Figura 11 – Vestido “Cathedral” (coleção *Micro*)



Fonte: *site* HERPEN

Figura 12 – Vestido “Pythagoras Tree” (coleção *Hybrid Holism*)



Fonte: *site* HERPEN

Figura 13 – Primeiro vestido impresso com flexibilidade (coleção *Voltage*)



Fonte: *site* HERPEN

Figura 14 – Vestido impresso da coleção *Biopiracy*



Fonte: *site* HERPEN

Figura 15 – Vestido de material transparente (coleção *Magnetic Motion*)



Fonte: *site* HERPEN

Em 2015, a estilista israelense Danit Peleg apresentou seu trabalho de conclusão de curso intitulado “*Liberty leading the people*”. Sua proposta foi apresentar uma coleção completa de cinco peças de roupas feita inteiramente em casa, com a utilização de impressoras 3D domésticas (BQ Witbox, do tipo FDM).

Figura 16 – Peças da coleção *Liberty leading the people*



Fonte: *site* PELEG

Em seu *site*, Peleg relata que sua pesquisa iniciou em 2014, partindo da hipótese de que se é possível imprimir um acessório (no caso um colar) em casa, então seria igualmente possível imprimir uma vestimenta completa. Primeiramente Peleg estudou sobre o funcionamento das impressoras 3D do tipo FDM. Os seus primeiros experimentos foram feitos com filamento PLA. Por serem quebráveis e não maleáveis, foram logo substituídos pelo FilaFlex®, um filamento termoplástico do tipo TPE<sup>4</sup>.

Para realizar as impressões, Peleg adquiriu uma impressora (que lhe custou cerca de US\$ 2.500), e posteriormente alugou outras quatro (por US\$ 800) para finalizar seu projeto. Segundo Kresch (2015) a coleção demorou cerca de 2.000 horas para ser impressa, em torno de 400 horas por peça (aproximadamente 16 dias de impressão contínua por peça). Cada impressão realizada possuía o tamanho de uma folha A4 (297 x 210 mm), e levava cerca de 20 horas para ser impressa.

Após apresentar os resultados satisfatórios obtidos com a coleção, Peleg ganhou notoriedade, difundindo mundialmente o conceito de roupas impressas. Outras peças impressas surgiram pelo mundo, como o *Loom*, um vestido maleável e flexível criado pela *designer* Maria Alejandra Mora-Sanchez, e também o *Kinematics Dress*, criado pelo estúdio de *design* *Nervous System*. O vestido *Loom* foi impresso com a tecnologia FDM, enquanto que o *Kinematics Dress* foi impresso com a tecnologia SLS.

---

<sup>4</sup> TPE (elastômero termoplástico): conhecido também como borracha termoplástica, o TPE é um termoplástico que possui base de poliuretano, com comportamento muito próximo ao da borracha e com base de com misturas de vários aditivos, sendo considerado o filamento mais flexível dentre todos os existentes no mercado (SILVA, OLIVEIRA, BARJA, 2017, p. 4).

Figura 17 – *Loom*Fonte: *site* MARIALEFigura 18 – *Kinematics Dress*Fonte: *site* NERVOUS SYSTEM

### 3 MÉTODOS E PROCESSOS

O objetivo do presente trabalho é verificar a viabilidade do uso da tecnologia de impressão 3D na fabricação de uma peça vestível. A seguir serão apresentados os materiais e métodos empregados para a execução deste projeto.

#### 3.1 Impressora

A tecnologia de impressão 3D mais comumente conhecida e utilizada dentre todas é a FDM (Modelagem por Deposição de Material Fundido), por se tratar de uma tecnologia simples e barata (TAKAGAKI, 2012, p. 30). Uma vez que ela seja a impressão mais acessível atualmente, o FDM foi escolhido para a realização deste trabalho.

A impressora utilizada para realizar a fabricação da peça é uma GTMax3D Core H4, da marca nacional “GTMax”. A impressora possui uma área de impressão de 300 mm de largura, 200 mm de profundidade e 445 mm de altura.



Figura 19 – Impressora GTMax3D Core H4

Fonte: *site* GTMAX 3D

### 3.2 Matéria-prima

O material escolhido para a confecção da peça foi o termoplástico ABS (acrilonitrila butadieno estireno), por se tratar de um filamento fácil de ser encontrado. Ele é disponibilizado na forma de carretéis com peso de um quilo por unidade, com filamento de 1,75 mm de diâmetro. O filamento foi adquirido da loja virtual “Filamentos 3D RG”. A cor obtida para o modelo foi o vermelho.



Figura 20 – Filamento ABS vermelho

Fonte: FILAMENTOS 3D RG

### 3.3 Metodologia e impressão

Para se imprimir um objeto tridimensional é necessário inicialmente desenvolver um modelo 3D a partir de um *software* CAD ou um *scanner* 3D. Outra maneira para se obter um modelo 3D é adquirindo por meio de um repertório de ficheiros CAD (*sites* como Thingiverse, GrabCAD, My Mini Factory, entre outros), onde os modelos estão disponíveis gratuitamente para *download*.

Para o presente trabalho foi pesquisado por um modelo de peça vestível. Foi escolhido o modelo “*Chainmail Dress*”<sup>5</sup> (vestido de cota de malha, na tradução livre), criado pelo engenheiro Emmett Lalish, disponibilizado no *site* Thingiverse.

---

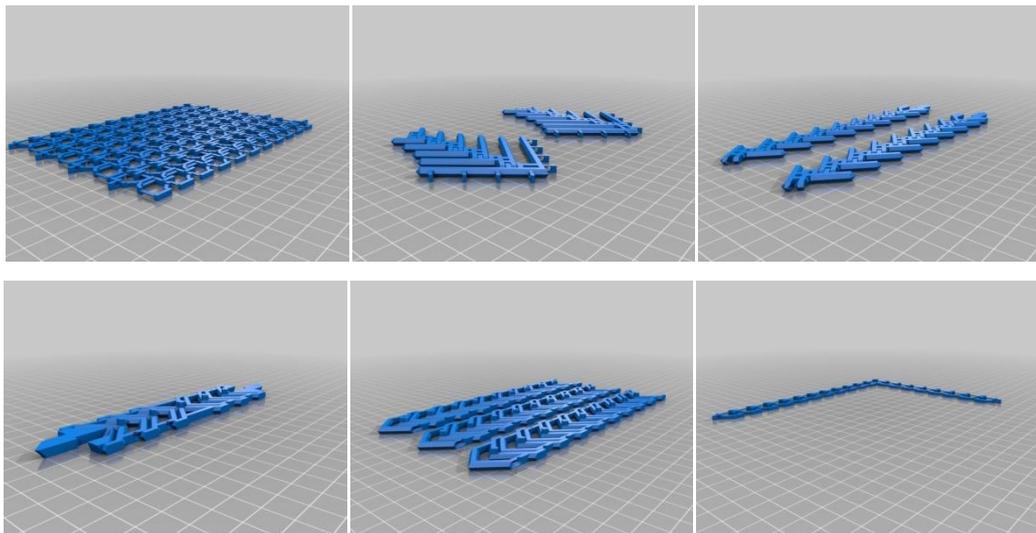
<sup>5</sup> Disponível em: <<https://www.thingiverse.com/thing:2907852>>.

Figura 21 – Modelo criado por Emmett Lalish



Fonte: LALISH (2018)

Figura 22 – Imagens ilustrativas dos componentes do moledo



Fonte: LALISH (2018)

Após desenvolver o modelo tridimensional é preciso passá-lo para um *software* de fatiamento<sup>6</sup>. “Este *software* é responsável por dividir o sólido em camadas, e projetar o trajeto que o bico extrusor deve fazer para depositar o plástico de modo a formar cada uma dessas camadas” (AZEVEDO, 2013 p. 5). O *software* utilizado foi o Simplify3D®. Depois de efetuar o fatiamento inicia-se a impressão.

Embora especificado pelo autor do modelo que para realizar a impressão da peça deveria ser utilizado um bico extrusor (*hotend*) de 0,2 mm, o bico utilizado para

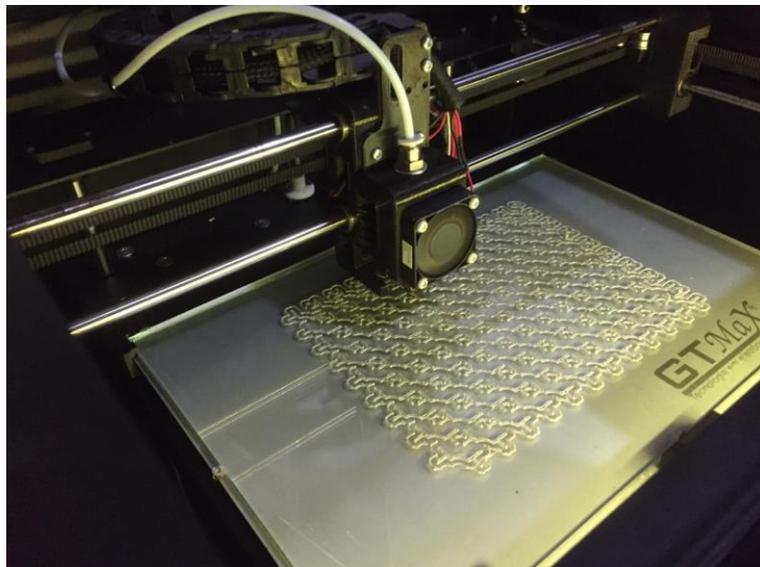
<sup>6</sup> Do inglês *slicing software*.

esta impressão foi de 0,4 mm (devido ao modelo da impressora, que manuseia apenas com este diâmetro de bico).

Com base no filamento escolhido (ABS), foi aplicada temperatura de 230°C a 240°C para o bico extrusor, enquanto que a base manteve temperatura de 95°C a 100°C. A impressão foi feita a uma velocidade de 60 mm/s.

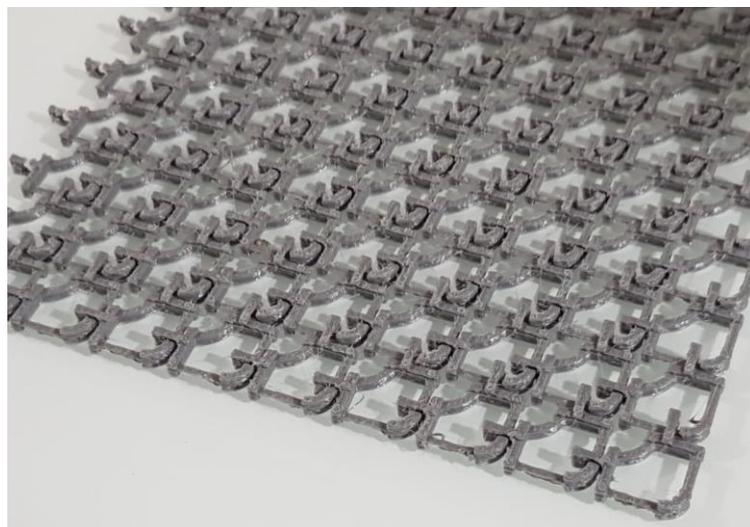
Para analisar a funcionalidade do modelo adquirido, foi realizada a impressão de um componente teste antes de prosseguir com a impressão final com o filamento vermelho

Figura 23 – Impressão da peça teste



Fonte: autoria própria

Figura 24 – Componente teste

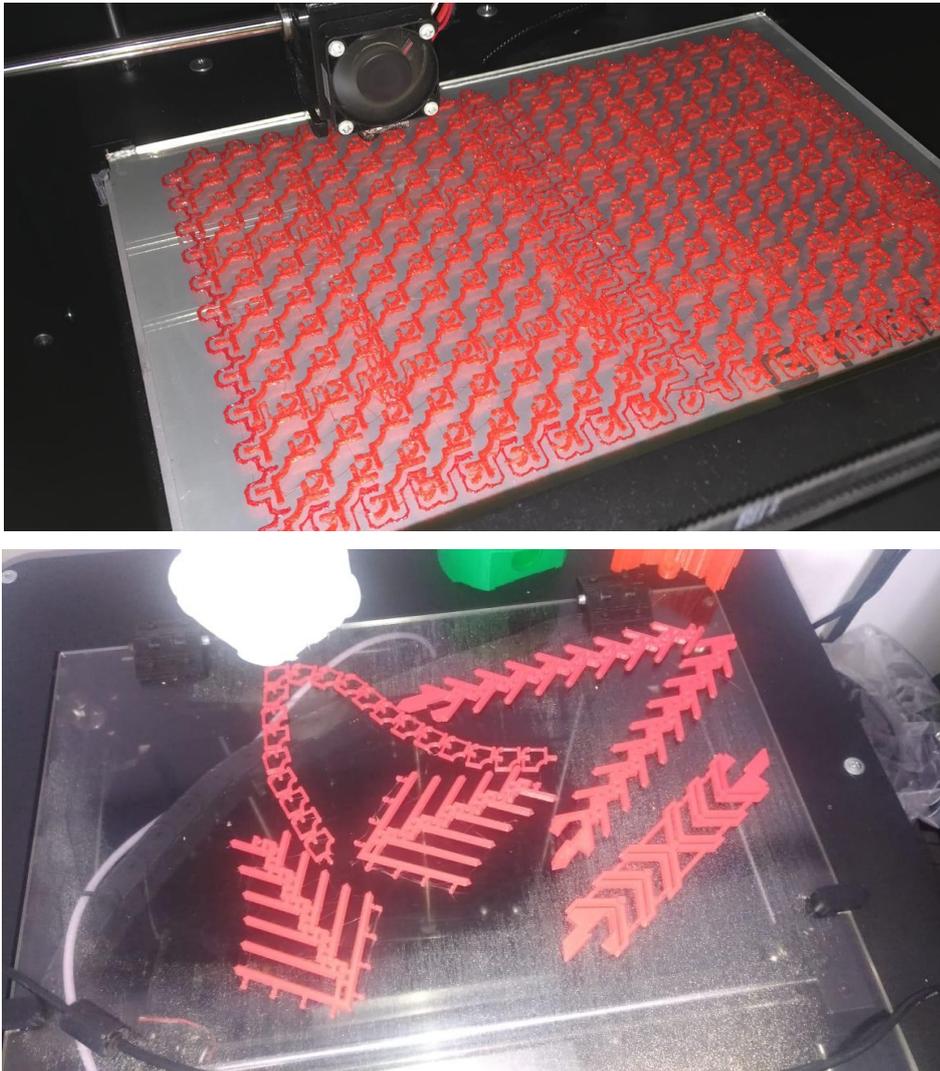


Fonte: autoria própria

O teste levou cerca de quatro horas para ser impresso. Foi necessário manusear o componente para soltar as finas linhas que escorrem da impressão (*stringing*) que ficaram na peça. Comprovada a flexibilidade do teste, deu-se início a impressão das outras peças.

Para calcular a quantidade de partes necessárias, tomaram-se como base as dimensões do teste. Ele possuía dimensões de aproximadamente 180 x 135 mm. Baseado nisso, foi calculado a quantidade de 24 destes componentes para a montagem da peça completa (desconsiderando as partes da alça). Para otimizar o tempo, foi impresso em dobro os componentes da peça, assim realizando doze impressões, e não 24.

Figura 25 – Impressão dos componentes da peça



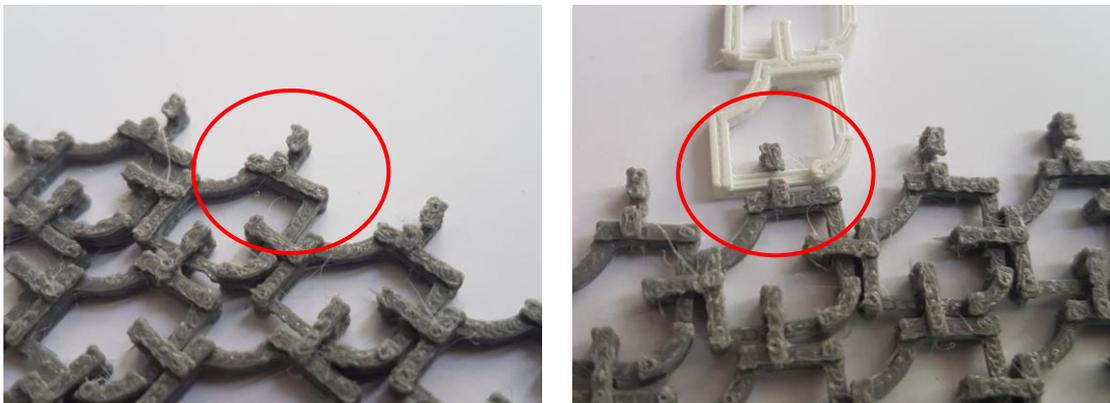
Fonte: autoria própria

A impressão total da vestimenta levou aproximadamente 69 horas para ser finalizada, utilizando cerca de 900 gramas de filamento.

### 3.4 Montagem do modelo

Para a montagem da peça foi analisado as extremidades dos modelos. As extremidades dos componentes possuem aberturas que permitem que outros componentes sejam encaixados neles, permitindo formar um único “tecido”, que aumenta as dimensões conforme mais componentes são encaixados.

Figura 26 – Encaixe das extremidades dos componentes



Fonte: autoria própria

### 3.5 Custos

O projeto teve o investimento total de R\$ 502,00, que englobou a mão-de-obra da impressão (que foi realizada por terceiros), o tempo de impressão (em torno de 69 horas), e o filamento utilizado (aproximadamente 900 gramas de filamento ABS).

## 4 RESULTADOS

Após realizar todas as impressões necessárias e depois de encaixar todos os componentes, o resultado obtido foi de uma peça com aparência próxima do proposto pelo autor do modelo 3D.

Figura 27 – Peça finalizada



Fonte: autoria própria

### 4.1 Análise dos resultados

Dado o exposto, é possível constatar resultados positivos sobre uma roupa impressa: é possível realizar a impressão de uma vestimenta mesmo possuindo conhecimentos limitados sobre impressão tridimensional, entretanto deve-se salientar que a impressão estará suscetível a imperfeições.

Ao analisar detalhadamente a peça pronta, por exemplo, é possível notar falhas em sua superfície. Estas falhas estão associadas a qualidade do equipamento, que pode ser sempre aperfeiçoado. Um melhor estudo e conhecimentos sobre configuração do equipamento (como velocidade de impressão, temperatura, altura da camada, entre outros) poderiam ajudar a evitar tais defeitos.

A peça apresentou pouca flexibilidade devido ao filamento escolhido. Dessa forma, alguns dos encaixes localizados nas extremidades das peças foram

danificados durante o manuseio da roupa. O uso de um filamento mais flexível que o ABS (como, por exemplo, PETG ou TPE) poderia contornar este problema.

Outro ponto observado foi sobre o modelo 3D: sem conhecimentos de modelagem tridimensional não será possível realizar quaisquer alterações sobre o modelo (quando necessárias), restringindo o desenvolvimento.

Por fim foi analisado sobre a acessibilidade de uma impressora 3D: por não possuir uma impressora própria, o presente trabalho recorreu a uma impressão terceirizada. Os custos desta impressão podem ser considerados relativamente elevados, entretanto deve-se levar em consideração o alto investimento do equipamento ou do domínio sobre *software* de modelagem 3D e do fatiador. A aquisição de uma impressora 3D tem custo pouco acessível devido ao seu valor, que pode variar conforme o modelo (de R\$ 3.000 a R\$ 25.000, baseado nos preços pesquisados no *site* da marca nacional “GTMax”).

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho compreendeu o estudo das características da impressão tridimensional, bem como as tecnologias existentes atualmente. Foi levantado um breve histórico do surgimento da impressão 3D no setor têxtil e moda, bem como a difusão das peças impressas vestíveis. O trabalho objetivou verificar a viabilidade da impressão de uma peça de roupa.

Foram apresentados o passo a passo para a construção de uma peça vestível a partir de uma impressão 3D, demonstrando a alta complexidade de um projeto dessa natureza. Apesar da impressão de uma peça de roupa (baseado em um modelo 3D encontrado pronto) ter sido considerado um sucesso, é notável a dificuldade em executar tal projeto sem possuir conhecimentos aprofundados sobre a tecnologia de impressão tridimensional.

A viabilidade da peça foi analisada através do grau de dificuldade do acesso a uma impressora 3D e do seu custo. Apesar de o FDM (Modelagem por Deposição de Material Fundido) ser considerado como uma tecnologia acessível, ainda possui uma viabilidade relativamente baixa.

Mediante o exposto, conclui-se que é possível realizar a impressão de uma peça de roupa, entretanto ressalta-se a dificuldade desta execução. Sendo assim, o presente trabalho atingiu seu objetivo em averiguar a viabilidade de uma roupa feita com impressão 3D.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Sofia A. C. **Impressão 3D baixo custo versus impressão em equipamentos de elevado custo.** (Dissertação de Mestrado) Universidade do Porto – FEUP Faculdade de Engenharia. 2015.

AGUIAR, Leonardo C. D., YONEZAWA, Wilson M. **Construção de instrumentos didáticos com impressoras 3D.** In: IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Ponte Grossa, nov 2014.

AZEVEDO, Fábio Mariotto de. **Estudo e projeto de melhora em máquina de impressão 3D.** (Monografia) Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2013.

CUNHA, H. A. da. **Impressoras 3D: o direito da propriedade intelectual precisará alcançar novas dimensões?** (Graduação) Curso de Direito, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10438/12642>>. Acesso em: 24 set. 2018.

FERNANDES, Alisson V. S., MOTA, Felipe A. **O. Impressoras 3D: Uma Compreensão da Evolução e Utilização.** In: Simpósio de Informática – Tecnologia aplicada ao Desenvolvimento Sustentável. 6ª ed. Minas Gerais, 2016.

ICHI, Alvaro Luis. **Análise da viabilidade da aplicação da tecnologia CAD-CAM por prototipagem rápida na confecção de estrutura metálica da prótese parcial removível comparando-a ao método convencional.** (Mestrado) Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia. São Paulo, 2010.

KRESCH, Daniela. **Designer israelense cria roupas em impressoras 3D.** 2015. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/09/1678350-designer-israelense-cria-roupas-em-impressoras-3d.shtml>>. Acesso em: 19 out 2018

KUHN, R.; MINUZZI, R. F. B. **Uma introdução à impressão 3D no design de moda: as primeiras peças e a chegada às passarelas.** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Moda. 5ª ed. Novo Hamburgo, 2015, p. 1-6.

LALISH, Emmett. **Chainmail Dress.** 2018. Disponível em: <<https://www.thingiverse.com/thing:2907852>>. Acesso em: 24 set. 2018.

MAGALHÃES, Maria Cecília P.; BARBOSA, Flávia Emilio S. **A tecnologia dos *fabs labs* no processo de estímulo criativo na moda**. In: Simpósio Internacional de Inovação em Mídias Interativas. 4ª ed. Goiânia, 2016, p. 69-78.

NUNES, Soraya Cristina B. **Dos *bytes* aos átomos: reflexões e experimentações artísticas sobre o universo da impressão 3D**. (Dissertação) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Instituto de Artes. 2014.

PIRES, Beatriz; et al. **Corpo Têxtil: Malharia 3D e *Design* Biológico**. In: Anais do Congresso Internacional de Moda e Design 2012. Guimarães, Portugal. Livro de Resumos. Portugal. Escola de Engenharia Universidade do Minho, Guimarães, 2012.

SILVA, André Filipe B. M. **Impressora FDM tipo Delta: estudo de impressão de cor e comparação de propriedades**. (Dissertação de Mestrado) Universidade do Porto – FEUP Faculdade de Engenharia. 2018.

SILVA, Leticia M.; OLIVEIRA, Julia E. de; BARJA, Paulo R. **A produção de roupas feitas a partir da tecnologia das impressoras 3D com uso do filamento TPE e com inspiração nas rendas nordestinas**. In: XXI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VII Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba. 2017.

TAKAGAKI, Luiz Koiti. **Capítulo 3: Tecnologia de Impressão 3D**. In: Revista Inovação Tecnológica. São Paulo, v. 2, n. 2, p. 28-40, jul/dez 2012.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS – FIGURAS

**Figura 1** – USPTO (*United States Patent and Trademark Office*), Hull, Charles W., “*Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography*”, U.S. Patent 4.575.330, publicada em 11 de março de 1986.

**Figura 7** – REITER, Robyn. ***10 Gorgeous Dresses Created With 3D Printing***. Scribol, 2013. Disponível em: <<http://scribol.com/art-and-design/fashion/10-gorgeous-3d-printed-dresses/>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

**Figura 8** – HERPEN, Iris V. ***Couture: Crystallization***. Paris, 2018. Disponível em: <<https://www.irisvanherpen.com/haute-couture/crystallization>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

**Figura 9** – HERPEN, Iris V. ***Couture: Escapism***. Paris, 2018. Disponível em: <<https://www.irisvanherpen.com/haute-couture/escapism>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

**Figura 10** – HERPEN, Iris V. ***Couture: Capriole***. Paris, 2018. Disponível em: <<https://www.irisvanherpen.com/haute-couture/capriole>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

**Figura 11** – HERPEN, Iris V. ***Couture: Micro***. Paris, 2018. Disponível em: <<https://www.irisvanherpen.com/haute-couture/micro>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

**Figura 12** – HERPEN, Iris V. ***Couture: Hybrid Holism***. Paris, 2018. Disponível em: <<https://www.irisvanherpen.com/haute-couture/hybrid-holism>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

**Figura 13** – HERPEN, Iris V. ***Couture: Voltage***. Paris, 2018. Disponível em: <<https://www.irisvanherpen.com/haute-couture/voltage>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

**Figura 14** – HERPEN, Iris V. ***Womenswear: Biopiracy***. Paris, 2018. Disponível em: <<https://www.irisvanherpen.com/womenswear/biopiracy>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

**Figura 15** – HERPEN, Iris V. ***Womenswear: Magnetic Motion***. Paris, 2018. Disponível em: <<https://www.irisvanherpen.com/womenswear/magnetic-motion>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

**Figura 16** – PELEG, Danit. *Liberty leading the people*. Disponível em: <<https://danitpeleg.com/liberty-leading-the-people-2/>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

**Figura 17** – MORA-SANCHEZ, Maria A. *Loom*. Disponível em: <<https://www.mariale.design/loom/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

**Figura 18** – NERVOUS SYSTEM. *Kinematics Dress 1*. Disponível em: <<https://n-e-r-v-o-u-s.com/projects/albums/kinematics-dress-1/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

**Figura 19** – GTMAX3D. Disponível em: <<https://www.gtmax3d.com.br/U8PQNUH4Jmm-imprensa-3d-pro-gtmax3d-core-h4-1-kg-de-filamento-abs>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

**Figura 20** – FILAMENTOS 3D RG. **ABS 1,75mm**. Disponível em: <<https://www.filamentos3drg.com.br/loja/abs-preto/>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

**Figura 21 e 22** – LALISH, Emmett. *Chainmail Dress*. 2018. Disponível em: <<https://www.thingiverse.com/thing:2907852>>. Acesso em: 24 set. 2018.