UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES

JULIANA NEVES GOMES

Moda e Impressão 3D:
Estado da arte, tecnologia, materiais e inovação.

São Paulo
2019

JULIANA NEVES GOMES

**Moda e Impressão 3D:
Estado da arte, tecnologia, materiais e inovação**

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Têxtil e Moda.

Área de Concentração: Têxtil e Moda

Orientadora: Profa. Dra. Silgia Aparecida da Costa

São Paulo

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)
CRB 8- 4936

Gomes, Juliana Neves

Moda e impressão 3D: estado da arte, tecnologia, materiais e inovação / Juliana Neves Gomes ; orientadora, Silgia Aparecida da Costa. – 2019

77 f. : il

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Têxtil e Moda, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo

Versão Corrigida

1. Indústria têxtil. 2. Moda. 3. Impressão 3D. 4. Tecnologia. 5. Inovação. I. Costa, Silgia Aparecida da, orient. II. Título.

CDD 22.ed. – 677

Nome: GOMES, Juliana Neves

Título: Moda e Impressão 3D: estado da arte, tecnologia, materiais e inovação.

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Têxtil e Moda.

Área de Concentração: Têxtil e Moda

Aprovado em: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Profa. Dra.	Suzana Helena de Avelar Gomes	Instituição:	EACH - USP
-------------	-------------------------------	--------------	------------

Julgamento:	Aprovada	Assinatura:	_____
-------------	----------	-------------	-------

Profa. Dra.	Luisa Angélica Paraguai Donati	Instituição:	PUCC - Externo
-------------	--------------------------------	--------------	----------------

Julgamento:	Aprovada	Assinatura:	_____
-------------	----------	-------------	-------

Profa. Dra.	Rafaela Blanch Pires	Instituição:	UFG - Externo
-------------	----------------------	--------------	---------------

Julgamento:	Aprovada	Assinatura:	_____
-------------	----------	-------------	-------

.

Aos meus pais, com amor.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à Universidade de São Paulo e a Escola de Artes Ciências e Humanidades por possibilitar a realização deste trabalho e pelos oito anos dentro da instituição, entre bacharelado e mestrado. Oito anos estes onde vejo, entre altos e baixos, a ciência vencendo, possibilitando uma educação superior pública e de qualidade.

Agradeço à minha orientadora, Profa. Dra. Silgia Aparecida Costa por todo o apoio, paciência e dedicação. Agradeço a todo o corpo docente do programa de graduação e pós-graduação em Têxtil e Moda. Um agradecimento especial à Profa. Dra. Suzana Avelar, por todas as contribuições a este trabalho e a minha formação pessoal.

Agradeço aos meus pais Valdeci Fernandes Gomes e Selma Cristina Neves Gomes por todo o apoio e amor incondicional. Obrigada por me ensinarem princípios e valores como ética, compaixão e persistência. Obrigada por me apoiarem e serem meu suporte emocional. E, principalmente, obrigada por abraçarem meus sonhos como se fossem os de vocês.

Agradeço também aos meus queridos tios, Marcia Aparecida Neves por estar sempre presente e ao Mestre Paulo de Tarso Neves, pelo exemplo de dedicação acadêmica.

Agradeço a todos os meus amigos, em especial, Bruno Zorzi e Isabella Franchi, pelo carinho, suporte, paciência e compreensão.

Também aproveito a oportunidade para agradecer os serviços prestados pela minha psicóloga Isabella Poppi, que fez esta caminhada ser mais serena. Não sei como chegaria aqui hoje se não fosse pelo seu trabalho, obrigada.

"Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda." (Paulo Freire, 2000).

RESUMO

GOMES, J. **Moda e Impressão 3D**: estado da arte, tecnologia, materiais e inovação. 2019. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

A presente dissertação é um estudo qualitativo de reconhecimento das principais propostas de produção de vestuário por processos de impressão tridimensional no Brasil e no exterior. Através do reconhecimento de novos paradigmas de design, consumo de moda e como estes se relacionam com a impressão tridimensional, o trabalho priorizou o método de impressão por FDM (*Fused Deposition Modelling*). Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre os materiais utilizados abordando diversos tipos de polímeros e sobre a técnica em si, além de um paralelo com um método de extrusão familiar à indústria têxtil: a fiação de polímeros em fieiras. Foram analisadas, em termos de possibilidades, restrições, resultados estéticos, ergonomia e sustentabilidade, quatro relevantes propostas de vestuário desenvolvidas em impressoras 3D *entry-level* que se utilizam da técnica FDM. Concluiu-se que os paradigmas do processo de compra, embalagem e envio de produtos foram mantidos, mesmo indo contra os valores dos principais consumidores em potencial. Apesar de existirem projetos que se direcionam a aproximar-se do familiar do consumidor, é possível afirmar que a impressão 3D voltada para moda ainda se atém a materiais projetados para o uso de objetos, sendo esta a causa da resistência no vestir cotidiano por não possuírem as qualidades de conforto das fibras mais aceitas no dia-a-dia.

Palavras-chave: moda, impressão 3D, *entry-level*, materiais

ABSTRACT

GOMES, J. **Fashion and 3D Printing**: state of the art, technology, materials and innovation. 2019. 77 p. Dissertation (Master of Science) - School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2019.

This dissertation is a qualitative recognition study on the main proposals of clothing production by 3D printing processes in Brazil and abroad. Through the recognition of new paradigms of fashion design and consumption and how they relate to 3D printing, the work prioritized the FDM (Fused Deposition Modelling) printing method. A bibliographic survey was conducted on the materials used in the technique addressing various types of polymers and on the technique itself, as well as a parallel with a method of extrusion familiar to the textile industry: spinning polymers in spinnerettes. Four relevant clothing proposals developed on entry-level 3D printers using the FDM technique were analysed in terms of possibilities, constraints, aesthetic results, ergonomics and sustainability. It was concluded that the paradigms of the process of buying, packaging and shipping products were maintained, even going against the values of the main potential consumers. Although there are projects that are aimed at getting closer to the consumer's familiar, it is possible to say that the fashion-oriented 3D printing still sticks to materials designed for the use of objects, which is the cause of resistance in everyday wear, once these do not have the comfort qualities of the most accepted fibers in everyday life.

Keywords: fashion, 3D printing, entry level, materials

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O programa Marvelous Designer.....	18
Figura 2 – Funil de desenvolvimento	24
Figura 3 – Black Drape Dress.....	27
Figura 4 – Bikini N12.....	28
Figura 5 – Vestido de Michel Schimidt.....	28
Figura 6 – Primeira peça impressa em 3D em uma passarela.....	30
Figura 7 – Peça da coleção MER KA BA.....	31
Figura 8 – “Tecido” da grife threeASFOUR.....	32
Figura 9 – The Spire Dress.....	32
Figura 10 – Kinematics Dress.....	33
Figura 11 – “Tecido” de Bradley Rothenberg.....	34
Figura 12 – Electroloom	35
Figura 13 – Fabrican.....	37
Figura 14 – Modelo de impressão 3D por FDM.....	39
Figura 15 – Fibras bicomponentes.....	41
Figura 16 – Principais categorias de fibras.....	43
Figura 17 – Processo de extrusão de fibras sintéticas.....	44
Figura 18 – Propriedades dos filamentos em função da forma fieira.....	44
Figura 19 – Sustentabilidade ilustrada.....	48
Figura 20 – Polímeros biodegradáveis e sua fonte de obtenção.....	49
Figura 21 – Ciclo de vida fechado.....	50
Figura 22 – Estágio de verão de Danit Peleg com a threeASFOUR em 2014.....	52
Figura 23 – “Tecido” <i>open source</i> usado como base por Peleg.....	52
Figura 24 – Modificações e testes no “tecido” utilizado por Peleg.....	52
Figura 25 – Impressora 3D utilizada por Peleg.....	53
Figura 26 – Coleção <i>Liberty Leading the People</i>	53
Figura 27 - Coleção <i>The birth of Venus</i>	54
Figura 28 – Estrutura com recortes em forma de losangos.....	55
Figura 29 – Estrutura em zig-zag.....	55
Figura 30 – Estrutura em placas.....	55
Figura 31 – Plataforma de venda da jaqueta impressa em 3D.....	56

Figura 32 – Danit Peleg usando a jaqueta que é vendida em seu website.....	56
Figura 33 – Simulação, impressão SLS e impressão FDM de estrutura têxtil.....	57
Figura 34 – Reprodução de estrutura de renda.....	58
Figura 35 – Reprodução de estrutura de renda antes e depois da flexibilização.....	58
Figura 36 – Impressão 3D com cabeçote de extrusão duplo.....	59
Figura 37 – Vestido inBloom.....	60
Figura 38 – Tear disponibilizado pelo XYZ workshop.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABS	Acrilonitrila butadieno estireno
PLA	Ácido Polilático
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i> – Modelagem de Deposição Fundida
SLS	<i>Selective Laser Sintering</i> - Sinterização Seletiva a Laser
ABIT	Associação Brasileira da Indústria têxtil
ABIPLAST	Associação brasileira da Industria de Plastico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1. Introdução de Justificativas.....	12
1.1. Impressão 3D.....	14
1.2. Consumo de Impressoras 3D.....	16
2. Caracterização Geral da Pesquisa.....	17
2.1. Problemática.....	22
2.2. Objetivos.....	22
2.2.1. Objetivo Geral.....	22
2.2.2. Objetivos Específicos.....	22
2.3. Estrutura.....	22
2. DESIGN.....	24
1. Modelo de inovação.....	24
2. Impressão 3D na moda além da técnica FDM.....	27
3. IMPRESSÃO 3D E MODA: EXTRUSÃO E MATERIAIS.....	38
1. Morfologia da extrusão.....	38
1.1. Extrusão.....	38
1.2. Extrusão na impressão 3d.....	39
1.3. Extrusão no têxtil.....	40
1.3.1. Fibras bicomponentes	40
2. Revisão sobre fibras.....	41
3. Revisão sobre termos plásticos.....	45
3.1. Termoplásticos e termofixos.....	46
3.2. Termoplásticos elastômeros	47
3.3. Biopolímeros.....	47
4. IMPRESSÃO <i>ENTRY LEVEL</i> NA MODA.....	51
1. Danit Peleg.....	51
2. Reprodução de estruturas têxteis por Melkinova, Ehrmann e Finterbusch.....	57
3. Vestido inBloom.....	59

4. Impressao 3d em maquinario <i>entry level</i> no brasil.....	61
5. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	62
REFERÊNCIAS.....	64

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVAS

O segmento têxtil atualmente não é retratado apenas pelas indústrias tradicionais, como as manufaturas de fibras, fiações, tecelagens (tecidos planos ou malhas) e unidades de acabamentos de tecidos, pois com o avanço tecnológico e pesquisas há um amplo campo de atividades voltado ao desenvolvimento e aperfeiçoamento de fibras, fios, tecidos e compósitos (SOUZA, PACHECO, 2016). A partir da introdução do *nylon* em 1930, surgiu uma série de novas fibras tais como o poliéster, polietileno, poliacrilonitrilo e polipropileno, cujo desenvolvimento proporcionou uma nova geração de fibras sintéticas de alto desempenho com propriedades excepcionais de forma a atender requisitos funcionais exigentes para as mais amplas aplicações (EADIE apud SOUZA, PACHECO, 2016).

Para que os mercados atuais sejam mantidos e novos mercados sejam conquistados, as empresas têm atribuído características para agregar valores aos produtos tais como: conceitos, temas culturais locais e regionais como inspiração para coleções, peças personalizadas e, por vezes, têm especificado os produtos como sendo ergonômicos (GONÇALVES, LOPES, 2007).

Tratando-se de um produto que estabelece relação íntima e permanente contato tátil, visual e, por vezes, olfativo e/ou audível, a preocupação com o bem estar do indivíduo é fator imprescindível. O suporte do produto industrial de Moda, na área do vestuário, é o corpo humano. Trata-se de uma estrutura tridimensional, articulada e constantemente em movimento, capaz de reagir diferentemente entre os semelhantes expostos aos mesmos estímulos no meio ambiente em que convivem (GONÇALVES, LOPES, 2007).

O fenômeno Moda deve ser compreendido para este estudo, a partir da dinâmica efêmera dos gostos dos indivíduos ocidentais contemporâneos pelo “novo”; por produtos de consumo que traduzam as necessidades e desejos estéticos de indivíduos de um grupo de estilo de vida (GONÇALVES, LOPES, 2007). Tendo em vista que se trata de um estudo qualitativo de reconhecimento de possibilidades, restrições, tecnologias envolvidas, processos criativos, resultados estéticos, questões ergonômicas e de sustentabilidade torna-se necessário o enfoque delimitado em Moda no vestuário, excluindo-se outras partes da Moda vestível como calçados, acessórios, joalheria e chapelaria.

A moda representa um dos conceitos mais complexos relacionados ao comportamento humano. Consumidores compram produtos de moda mais pelo que eles representam do que por sua utilidade literal (HIRSCHMAN, HOLBROOK, 1982, apud KIM et al., 2014). O mundo da produção mudou com a ascensão da China e de outros países asiáticos que iniciaram uma corrida aparentemente sem limites por preços e custos baixos (BRUNO, 2007 apud BRUNO, 2016). A crescente importância das “*postponement strategies*”, que consiste na customização tardia do produto até o último instante possível para responder às mudanças em tempo real do mercado, estão levando ao maior compartilhamento de informações na cadeia de produção, dos primeiros fornecedores ao ponto de venda (AZMEH, NADVI, 2014).

Como assinalam Azmeh e Nadvi (2014) o modelo de governança das Cadeias de Valor Globais não é estático. A indústria da moda é altamente competitiva e exigente no aumento de qualidade, diversidade de escolhas, conteúdo de moda e redução de custos e de preços, o que levou ao desenvolvimento do *fast fashion*. Para Ciarniene e Vienazidiene (2014) apud Bruno (2016), o *fast fashion* promoveu uma evolução da produção para a manufatura ágil, caracterizada pela produção enxuta, resposta flexível e resposta rápida. De acordo com Bruno (2016), o sucesso dessa estratégia de produção e comercialização foi impulsionado pelo emprego intensivo de tecnologias de informação e da Internet.

A Teoria da Cultura do Consumidor explora como consumidores transformam simbolismos de propagandas, *branding*, pontos de venda e bens materiais para manifestar suas particularidades pessoais e sociais em suas identidades e objetivos de estilo de vida (Grayson, Martinec, 2004; Holt, 2002; Kozinets, 2001, 2002; Mick, Buhl, 1992; Peñaloza, 2000, 2001; Ritson and Elliott, 1999; Scott, 1994 apud Kim et al., 2014). A experiência do consumo tem se tornado uma orientação de valor que está alterando a maneira como o consumidor pensa, adquire informação e toma decisões sobre as atividades de consumo (Kim, et al. 2014).

Alguns autores (WANG, 2012; SHANG et al., 2013; MOHAJERI, 2015; MRAJERI et al., 2014) identificaram um novo modo de manufatura, denominado *social manufacturing*, ou a manufatura social, que permite a qualquer pessoa participar de todo o processo de manufatura. Com este envolvimento do consumidor, elimina-se os efeitos de cauda longa, reduzindo custos de fabricação de produtos personalizados e aumentando a satisfação do consumidor e a oferta de serviços de alta qualidade. A

manufatura social é uma forma de introduzir a customização em massa, baseada nas redes digitais, e em outras tecnologias emergentes (BRUNO, 2016), como a impressão 3D.

1.1. Impressão 3D

Segundo Kuhn e Minuzzi (2015), a tecnologia de impressão 3D foi patenteada em 1986 e a partir de 2010 destacou-se o declínio dos custos, com aparelhos no mercado com o valor abaixo de mil dólares. Charles W. Hull, o criador da primeira impressora 3D para o canal EPOfilms (2014) conta que “quando inventei a impressão 3D, acho que há 30 anos atrás, eu tinha muitas ideias em mente. Mas eu acho que não poderia imaginar tudo o que aconteceu: é praticamente uma nova revolução industrial”.

A impressão 3D baseia-se no princípio de executar diversos fatiamentos da figura obtendo a cada camada um processo de deposição de materiais das partes sólidas da figura. O material mais comum utilizado em impressoras deste tipo são os plásticos como ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) e PLA (ácido poliláctico) (TAKAGAKI, 2012).

De acordo com Takagaki (2012), há diversas formas de se fazer a impressão 3D. A principal é a *Stereolithography* (SLA) em que o material enrijece através de um processo fotoquímico com lasers de luz ultravioleta. Esta é uma técnica muito precisa, com as camadas mais finas chegando a 60 micrometros ($1\mu\text{m} = 0,0000001$ metro). Uma das modificações desta técnica é o *Digital Light Processing* (DLP), em que também se utiliza de um líquido fotossensível, porém este é aglutinado por uma luz do tipo DLP (usado em projetores) ao invés de lasers.

Outra forma de impressão é a *Selective Laser Sintering* (SLS) o objeto é impresso por meio da deposição de camadas de pó, sendo estes grânulos fundidos seletivamente. Ao final deste processo, o material não fundido pode ser reciclado. Este processo utiliza-se de materiais como cera, poliestireno, *nylon*, vidro, cerâmica, aço inoxidável, titânio, alumínio e diversas ligas metálicas. Esta forma de impressão tem algumas variantes como o *Selective Laser Melting* (SLM) que utiliza um laser para derreter totalmente os grânulos de pó que formam um objeto final, fundindo-os em conjunto. E outra variante é *Selective Heat Sintering* (SHS) que se utiliza uma cabeça

de impressão térmica, ao invés de um laser para aplicar calor às sucessivas camadas do pó termoplástico. Outra forma de se imprimir com pós termoplásticos é com a tecnologia *Multijet Modelling* (MJM), esta constrói objetos por meio de sucessivas camadas de pó, que são unidos seletivamente por intermédio de da pulverização uma solução colante (TAKAGAKI, 2012).

A *Fused Deposition Modelling* (FDM) é uma técnica em que o material se funde dentro de uma cabeça de impressão tornando-se quase líquido e formando um fino cordão deste material derretido que é depositado sobre uma plataforma que é semiaderente ao material. A cabeça de impressão é levada à altura da segunda camada e o material é depositado sucessivamente até a formação do objeto. A precisão deste processo depende da precisão da espessura do cordão, que geralmente é em torno de 0,1mm. Neste tipo de impressão costuma-se utilizar termoplásticos como ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) e PLA (ácido poliláctico). Alguns fabricantes fizeram variações desta técnica, em que a cabeça de impressão libera materiais como chocolate ou queijos fundidos (TAKAGAKI, 2012).

Além das técnicas já mencionadas também há a *Plastic Sheet Lamination* (PSL) em que finas lâminas de plástico recortadas por lasers ou lâminas são coladas entre si; a *Computer Numerical Control* (CNC) em que um bloco de material é esculpido por meio de um processo de desgaste e a tecnologia *Direct Metal Laser Sintering* (DMLS) que trabalha com metais.

Segundo Wohlers (2012, p. 4), a ASTM (*American Society for Testing and Materials*) aprovou os termos para uma definição dos processos de fabricação por adição de material (AM):

- Extrusão de material - processo de fabricação aditiva no qual o material é seletivamente depositado por intermédio da extrusão por um bico ou orifício, geralmente o material utilizado neste processo é algum tipo de termoplástico;
- Jato de material - processo de fabricação aditiva no qual gotículas do material construtivo são seletivamente depositadas e curadas com uma luz ultravioleta, neste caso o material é uma resina líquida;
- Jato colante - processo de fabricação aditiva no qual um agente líquido colante é seletivamente depositado para juntar materiais em pó, podendo-se utilizar diversos tipos de pó bem como também existem variações na resina aglutinante;
- Laminação em folhas - processo de fabricação aditiva no qual folhas de um

material são coladas para formar um objeto, como no caso anterior, este processo cria um material compósito, formado pela lâmina do material construtivo mais a cola;

- Polimerização em tanque - processo de fabricação aditiva no qual um polímero líquido em um recipiente é seletivamente curado por uma luz fotopolimerizadora, para tanto se utiliza uma resina líquida fotocurável;
- Fusão em cama de pó - processo de fabricação aditiva no qual uma energia térmica funde seletivamente regiões de uma cama de material em pó, podendo-se também utilizar diferentes tipos de pó, como por exemplo, de polímeros, metais, minerais, dentre outros;
- Deposição por energia dirigida - processo de fabricação aditiva no qual uma energia térmica focada é utilizada para fundir materiais pelo derretimento conforme o material em pó vai sendo depositado, aqui também existem muitos tipos diferentes de pó.

1.2. Consumo de impressoras 3D

De acordo com Takagaki (2012), a maioria das impressoras 3D atuais não são usadas para criar produtos de consumo final, mas uma das principais aplicações é a prototipagem rápida. Sendo este protótipo podendo ser utilizado para produzir moldes dos mais variados produtos. Também pode ser usada por engenheiros para a verificação e ajuste de peças, por arquitetos para a criação de modelos em escala, por médicos produzindo aparelhos auditivos com ajuste personalizado ou próteses ósseas e por dentistas para a criação de aparelhos e próteses dentárias.

E as aplicações ampliam-se a cada dia em comunidades *online* de *crowdsourcing*, em que os modelos são criados e distribuídos pelos usuários. Algumas das principais comunidades são o *Fab@Home*, *RepRap* e *Open Source Selective Laser Sintering*. Além destas comunidades em que os modelos são criados, já existem serviços de impressão, em que se envia o arquivo e recebe-se o produto em casa. Algumas empresas que já disponibilizam este serviço são *Bathsheba Sculpture LLC*, *Freedom of Creation*, *Make Eyewear*, *.MGX by Materialise*, *Rapid Made* e *WB Engineering*.

1.3. Impressão 3D e Simulação 3D para Moda

A partir de 2013 houve um aumento de produção de peças de vestuário, calçados e acessórios em impressão 3D (KUHN, MINUZZI, 2015). Para o estilista Gabriel Asfour da marca threeASF0UR, em entrevista para o canal i-D no vídeo “The future of fashion” em 2013, a impressão 3D permite criar de uma forma nunca feita. Mas para ele, “quando a impressão 3D possibilitar a impressão de lã, algodão, couro, e fibras naturais, aí nós estaremos ‘conversando’”

Segundo Jason Knight para o portal *Creative Bloq* o programa *Marvelous Designer* é amplamente conhecido pelo desenvolvimento de trajes digitais de forma rápida. A primeira versão foi lançada em 2011 pela empresa sul coreana CLO3d e hoje conta com clientes como a EA Games e a Disney.

Esta última companhia contou com o auxílio da designer Jean Gillore, que trabalhou na animação *Frozen*, cujo trabalho nos detalhes dos trajes nunca foi feito antes. A designer afirma que “(...) com a animação em CG (*computer generated*, geradas por computador), como tudo nela é construído/manipulado no computador, o traje tem que ter mais lógica nele - tem que ser mais real, ou se torna uma distração à ação da personagem virtual” (VIANA, 2014).

Este programa, *Marvelous Designer*, começa com algumas opções de avatar humano gerado pelo programa ou pode-se importar algum outro avatar modelado por artistas 3D. A partir de um *concept art* ou um croqui, o *designer* pode começar a desenhar o molde, escolher o tecido e decidir onde vai cada “costura”: um processo muito parecido com a real forma de se fazer roupas.

Neste programa de simulação 3D ainda é possível ajustar o traje ao avatar, o caimento, as dobras, entre outras opções. Poderia ser usado além de propósitos virtuais como jogos para computadores e consoles como uma pré peça piloto. Onde poderiam ser revisados diversos aspectos de design. O layout do programa *Marvelous Designer* pode ser visto na Figura 1.

Figura 1: O programa *Marvelous Designer*

Fonte: Bloq (2017)

Tradicionalmente, inovar no meio empresarial significava buscar novas soluções tecnológicas. Foi a partir dos anos 90 com a difusão do *Total Quality Management*, uma filosofia de gestão que visa o aprimoramento contínuo da qualidade de produtos e processos que fez nascer um novo caminho para a inovação: a exploração de novos mercados (VIANNA et al., 2012).

De acordo com Vianna et al. (2012), é a maneira que o designer percebe as coisas e age sobre elas que vem abrindo novos caminhos para a inovação empresarial. Para este autor, o designer tem como principal tarefa identificar problemas e gerar soluções, e para gerar essas soluções é necessário abordar as dificuldades sob diversas perspectivas e ângulos, priorizando o trabalho coletivo e multidisciplinar. Esta forma de trabalhar é multifásica e não linear, chamada *fuzzy front end*, permite interações e aprendizados constantes

Como sugerem trabalhos governamentais, consultorias e estudos acadêmicos internacionais, a sociedade mundial está entrando em sua Quarta Revolução Industrial, na qual a fusão da tecnologia com cada momento de nossas vidas torna-se norma. Para lidar com a magnitude das incertezas de uma transição desta ordem, ajustes finos deverão ser frequentemente promovidos para garantir - e eventualmente corrigir - o rumo traçado pelas rotas estratégicas desenhadas para o setor de confecção e vestuário (BRUNO, 2016).

A criação também se transforma e pode ser realizada pela experimentação em diversos espaços, como o laboratório, aproximando-se cada vez mais de pesquisas científicas. Parece haver um adensamento nessa perspectiva. A moda mostra algumas vezes um viés comercial voltado para o consumo, outras vezes se volta para a experimentação e esta última pode ser a principal forma pela qual se difunde não só a moda, mas também outras atividades que contenham o impulso criativo (AVELAR, 2009).

Segundo Avelar (2009), a ideia das novas tecnologias será fundamental para a inovação na moda. Não somente no maquinário e às novas criações têxteis, mas também a interação do corpo com às novas tecnologias, pois moda é a criação no espaço do corpo.

Negócios centrados no consumidor estão à procura de estratégias de inovação que satisfaçam as crescentes demandas com diversas características de relacionamento interativas como *consumer-to-consumer* (C2C) e *consumer to business* (C2B) além do tradicional *business-to-consumer* (B2C). Consumidores constantemente buscam por conveniência, variedade, excelência em serviço, informação e experiências prazerosas por meio do racional, tomadas de decisão, resolução de problemas e avaliação (KIM, 2012 apud KIM et al., 2014). O acesso à informação empodera os consumidores para serem criadores e influenciadores em uma comunidade global em que eles são capazes de capitalizar em suas estruturas sociais, relacionamentos e reconhecimento em estes espaços do mercado (HUANG et al., 2013 apud KIM et al., 2014).

Afastando-se cada vez mais de um estado de dicotomia, produtores e consumidores poderão assumir gradualmente um processo de coevolução. Relacionando-se intensamente por meio das tecnologias de informação e comunicação, indústria e sociedade estarão cada vez mais integradas pelos novos sistemas produtivos. Gerando um perfil de autonomia fortalecida pelas novas tecnologias disponíveis como a automação modular, pela robotização, pelas redes digitais de comunicação e pelas novas tecnologias de produtos, processos e de novos materiais (BRUNO, 2016).

A tradição do DIY- *do it yourself* (faça você mesmo) vem se fortalecendo com estas tecnologias e abrindo espaço para a DiWO- *do it with others* (faça com os outros) e fundamentando a Cultura *Maker*. Estes coletivos são compostos pelos *makers*:

sujeitos que se organizam com o objetivo de apoiar mutualmente o desenvolvimento de projetos individuais ou coletivos. Estes sujeitos além do suporte virtual, reúnem-se fisicamente em eventos como *Maker Fairs* e *FabLabs* (Laboratórios Fábrica) (SAMAGAIA, NETO, 2015).

Consultorias, estudos governamentais e artigos especializados sustentam reindustrialização de países da América do Norte e Europa. Automação modular e robotização da confecção e projetos mini fábricas locais atraem investimentos de governos e mesmo de grandes compradores globais que antes investiriam na imigração da produção para os países de baixo custo de produção (BRUNO, 2016).

De acordo com Gibson et al. apud Bruno (2016) os pontos acima citados como a aproximação do produtor e do consumidor, a reindustrialização de países da América do Norte e Europa e, principalmente, a fusão da tecnologia com cada momento de nossas vidas como norma se materializam ao observarmos os avanços diários de apenas uma, dentre tantas outras, das tecnologias que há pouco estavam restritas à categoria de curiosidades, como a evolução da Manufatura Aditiva (MA), extensão conceitual da Impressão 3D ou 3DP.

A Tabela de Bruno (2016) sintetiza as etapas da evolução da produção global. Nos situamos às margens da Quarta Revolução Industrial, em que a possibilidade de aumento de complexidade industrial promovida pelas tendências econômicas, sociais, ambientais e tecnológicos oferece oportunidades inexploradas pela indústria brasileira de têxteis e confeccionados até o presente.

Tabela 1: Etapas da Evolução da Produção Global

Estágio I.	Protecionismo no Regime de Cotas Limitação da produção e do consumo no mundo. Desenvolvimentos técnico, tecnológico, organizacional, estratégico, social e econômico orientados para a produtividade da manufatura em países de altos salários.
Estágio II.	Fim das cotas e cadeias globais Grande Arranjo da Produção Global, barreiras de entrada baseadas na exploração da mão de obra e das logísticas asiáticas.
Estágio III.	Desenvolvimento do <i>fast fashion</i> . <i>Redução do tempo, disseminação popular de tecnologias de informação e comunicação, efeito de cauda longa, novos canais de consumo, multiplicação e diversificação da oferta, velocidade de acesso a novos mercados.</i>
Estágio IV.	Fim das vantagens do trabalho de baixo custo Fim do trabalho barato, alteração da matriz de custos (energia, transportes, infraestrutura de tecnologias de informação e comunicação, ineficiência), riscos das incertezas sociais políticas e econômicas.
Estágio VI.	Confecção 4.0 Sistemas produtivos autônomos; produção individual 3D.

Fonte: Bruno, 2016

2. Caracterização Geral da Pesquisa

2.1. Problemática:

Quais aspectos relevantes emergem de um estudo exploratório qualitativo de reconhecimento e de algumas das principais propostas de produção de vestuário por processos de impressão tridimensional no Brasil e no exterior, em termos de possibilidades, restrições, tecnologias envolvidas, processos criativos, resultados estéticos, questões ergonômicas e de sustentabilidade.

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo Geral

Levantamento de aspectos relevantes em termos de possibilidades, restrições, tecnologias envolvidas, processos criativos, resultados estéticos, questões ergonômicas e de sustentabilidade de algumas das principais propostas de produção de vestuário por processos de impressão tridimensional no Brasil e no exterior.

2.2.2. Objetivos Específicos

1. Identificação de propostas de vestuário impresso tridimensionalmente;
2. Identificação dos principais métodos utilizados;
3. Identificação dos principais materiais utilizados;
4. Levantamento sobre a tecnologia *entry level*;
5. Desenvolver propostas para a difusão da tecnologia.

2.3. Estrutura

Com quatro capítulos, a dissertação foi desenvolvida com três frentes: design, materiais e tecnologia. No primeiro capítulo, é desenvolvida a frente sobre design. Discorre-se sobre metodologia de inovação, especificamente o modelo em funil de Clark e Wheelwright (1992) e é criado um paralelo, aplicando a metodologia de inovação à metodologia da pesquisa.

Neste primeiro capítulo também são mostrados diversos projetos de design de moda em impressão 3D. A maioria dos projetos apresentados, entretanto, foram desenvolvidos utilizando-se de impressoras do tipo SLS. Este tipo de impressão, em geral, é feita através de impressoras industriais, enquanto a pesquisa visa iniciar a busca por soluções para viabilizar a impressão 3D de vestuário em máquinas *entry level* (iniciantes). As máquinas *entry level* costumam tratar-se do método FDM, cujo processo de impressão é a extrusão de filamentos camada a camada.

Ao final do primeiro capítulo, nota-se a quantidade de possibilidades já existentes no campo do design. Sabendo, contudo, que a preferência dos designers é a tecnologia SLS, o segundo capítulo retoma a investigação sobre os maquinários *entry level*, e as possibilidades de materiais.

Já tendo explorado o histórico de projetos, a tecnologia FDM e alguns materiais, no terceiro capítulo são apresentados projetos de impressão 3D dentro do recorte de maquinário *entry level*.

Por fim, há uma breve discussão autoral sobre o estado arte, materiais e perspectivas futuras.

2. DESIGN E INOVAÇÃO

1. Modelos de inovação

A pesquisa realizada teve como base a metodologia clássica de Clark e Wheelwright (1992), representada graficamente abaixo (Figura 2), onde as várias possibilidades de desenvolvimento são exploradas, porém poucas chegam na fase final tornando-se produtos.

Figura 2: Funil de desenvolvimento

Fonte: Clark e Wheelwright (1992)

De acordo com Silva et al. (2013), a lógica de um funil é eficaz em demonstrar que o processo de desenvolvimento de inovações ocorre em ambientes de recursos escassos nos quais normalmente há mais ideias nas fases iniciais do que se pode ou deve-se levar a estágios mais avançados. A captação de muitas ideias e de fontes diversificadas, associada a critérios adequados de escolha e decisão coerentes é um ponto chave para a condução do processo de inovação. Katz (2011), expõe o contraponto que os modelos clássicos, como o modelo em funil, falham em detalhar o início do processo (chamado de *fuzzy front end*), que seria o ponto de maiores dificuldades operacionais, porém uma vez vencida a fase de geração de ideias, modelos processuais bem estruturados responderiam bem ao desafio restante.

Clark e Wheelwright (1992) ressaltam em seu trabalho a necessidade de cooperações internas e externas na fase de ideias, ao mesmo tempo em que colocam a importância de um bom processo de seleção.

O funil de inovação aberta, para Silva et al. (2013), não altera a lógica geral do desenvolvimento de inovações, mas impõe novas perspectivas e oportunidades para a gestão da inovação e uma visão mais ampla aos processos que lhe são subjacentes. A ideia do funil é mostrar que opções são descartadas na medida em que ideias convergem perfazendo uma redução contínua de incertezas de um projeto ou de um conjunto de projetos.

Observando o funil pode-se fazer um paralelo do presente trabalho com as fases 1 e 2. Com várias ideias em mente para solucionar a impressão 3D no setor de vestuário, foi necessária uma pesquisa exploratória sobre o processo de impressão 3D em si, os materiais que vem sendo utilizados e quais destes poderiam ser relevantes para o objetivo desta pesquisa que envolvia o estudo das possibilidades, restrições, tecnologias envolvidas, processos criativos, resultados estéticos, questões ergonômicas e de sustentabilidade de projetos já existentes.

Os filtros no modelo do Funil de Inovação de Clark e Wheelwright (1992) tem a função de realizar um recorte que evolui para um estudo de viabilidade e então são submetidas para ao filtro da aprovação. Para estes autores, o primeiro filtro corresponde a aplicação de critérios diversos e o segundo filtro corresponde à análise de viabilidade. Voltando ao paralelo do funil com o presente trabalho, pode-se dizer que o processo de Qualificação funcionou como o primeiro filtro, auxiliando a reduzir o objeto de estudo e principalmente entender sob qual olhar o assunto deveria ser abordado.

Em um primeiro momento, antes da Qualificação, a pesquisa transitava entre a visão de empreendedora/administradora, designer e consumidora. Foi através deste primeiro filtro, com os comentários da banca examinadora que esta inconsistência ficou clara e então, após debater sobre a questão, foi definido fixar-se no ponto de vista de uma designer, dado o histórico das orientadoras e da mestranda.

Como já citado anteriormente neste trabalho, de acordo com Vianna et al. (2012), é a maneira que o designer percebe as coisas e age sobre elas que vem abrindo novos caminhos para a inovação empresarial. Para este autor, o designer tem como principal tarefa identificar problemas e gerar soluções, e para gerar essas soluções é necessário abordar as dificuldades sob diversas perspectivas e ângulos, priorizando o trabalho coletivo e multidisciplinar.

Também já citada previamente, para Avelar (2009) este processo de identificação

de problemas seguido de criação/ inovação pode ser realizada pela experimentação em diversos espaços, como o laboratório, aproximando-se cada vez mais de pesquisas científicas.

Para Carvalhinha e Berssanetti (2018), em um estudo sobre processos de inovação aplicados à moda, é conhecido que inovações disruptivas estão relacionadas a altos graus de riscos e incertezas, motivo pelo qual dificilmente são geradas por processos organizacionais estruturados, como o Modelo de Funil. A estrutura de etapas e filtros intercalados é conveniente para aqueles tendem a priorizar processos de inovação incrementais.

No caso deste trabalho, o foco é inovação incremental, e por isso a metodologia de Clark e Wheelwright (1992) é utilizada. Não se trata de um estudo para um desenvolvimento disruptivo, mas sim um estudo de aprimoramento de técnicas, processos criativos e materiais com foco na viabilização do vestuário impresso através da técnica FDM.

Segundo Carvalhinha e Berssanetti (2018), quanto maior for a “boca” do funil e mais processos os filtros forem capazes de estreitar o final, melhores serão os resultados. Ainda de acordo com Carvalhinha e Berssanetti (2018), o objetivo do segundo filtro é estreitar ao máximo o funil no final do processo, com base em critérios de seleção que considerem as bases tecnológicas e sucesso na aplicação de mercado.

Considerando o modelo de funil de Clark e Wheelwright (1992), além do estudo de materiais, design e parâmetros reguladores de impressoras 3D no nível *entry level*, há a necessidade de reconhecer o que já foi feito na área de vestuário através do processo de FDM. Mesmo tendo em vista este modelo de inovação, este estudo continua sendo teórico não-experimental. Pois, o último filtro do modelo de Clark e Wheelwright (1992) será equivalente ao processo de defesa desta dissertação. Auxiliando a selecionar ainda mais as ideias a serem testadas em próximos estudos.

2. Impressão 3D na moda além da técnica FDM

Tendo em vista o objetivo desta dissertação quanto ao reconhecimento das principais propostas de produção de vestuário por processos de impressão 3D em termos de possibilidades, restrições, tecnologias envolvidas, processos criativos, resultados estéticos, questões ergonômicas e de sustentabilidade; foram selecionados alguns trabalhos dentro do recorte deste estudo.

Como já abordado anteriormente neste trabalho, o grande interesse está em processos de impressão 3D através da técnica FDM (*fused deposition material*), por ser a principal tecnologia das máquinas *entry level* (iniciantes). Diante de diversos trabalhos já divulgados sobre impressão tridimensional e vestuário, pode-se notar que vários designers veem utilizando-se da técnica SLS (*selective laser synthesis*).

Alguns dos exemplos que a análise foi interrompida por este recorte de técnica, mas ainda assim escolheu-se mencionar pela sua relevância em pioneirismo, design e/ou uso de novos materiais são os projetos de Jiri Evenhuis e Janne Kyttänen, que criaram o primeiro traje impresso em 3D em 2000: Black Drape Dress (Figura 3), que hoje integra o acervo do MoMA (Museum of Modern Art em Nova Iorque). Outros projetos que também se utilizaram da técnica SLS são o projeto Bikini N12 cujo *website* da empresa, Continuum, afirma ser o primeiro artigo de vestuário completamente impresso em 3D sem nenhuma costura (2011) e o trabalho de Michel Schimidt cujo *website* clama ter criado o primeiro vestido totalmente articulado impresso em 3D em 2013. Ambos os projetos foram impressos pela empresa Shapeways.

Figura 3: Black Drape Dress

Fonte: 3d Systems (2019)

Figura 4: Bikini N12

Fonte: Continuum (2019)

Figura 5: Vestido de Michel Schmidt

Fonte: Shapeways (2013)

Mais de uma década após a primeira peça de vestuário impressa em 3D, o *Black Drape Dress* (2000), esta tecnologia chegou às passarelas através do desfile de Iris Van Herpen em sua coleção *Crystallization*. O desfile desta coleção aconteceu em 2010 no Amsterdam Fashion Week (KUHN; MINUZZI, 2015).

De acordo com o site da estilista, a coleção *Crystalization* foi uma colaboração entre Iris Van Herpen e Arquitetos da Benthem Crouwel. O projeto de Benthem Crouwel para uma nova extensão para o Museu Stedelijk de Amsterdã ganhou o apelido de "banheira" e isso inspirou Van Herpen a projetar toda uma coleção sobre água, desde como esta cai em uma cachoeira até seus estados mais complexos em cristais de gelo. E, impresso em 3D, um design descrito no site da estilista como marcante, que lembra a forma como os depósitos de calcário formam conchas, é um topo impresso em 3-D que Van Herpen fez em colaboração com o arquiteto Daniel Widrig (Figura 6) (IRIS VAN HERPEN, 2019) .

Assim como os demais projetos, Iris Van Herpen contou com parcerias para transformar seu design em realidade e utilizou-se da técnica SLS na impressão 3D. Apesar da técnica SLS não ser o foco deste trabalho, foi o trabalho de Iris Van Herpen que difundiu a ideia da impressão 3D para o mundo da moda e por mais de uma vez ela já criou projetos com esta tecnologia. A designer expressa em diversas entrevistas, (IRIS... 2016), seu interesse pelo uso de novos materiais e tecnologias e acredita que é uma questão de tempo para a impressão 3D chegar ao consumidor final. Van Herpen também justifica suas parcerias (não apenas no caso da impressão 3D) discorrendo sobre quão rico e influente pode ser uma colaboração, podendo inspirá-la a trabalhar de forma diferente e criando oportunidades para desenvolver novas habilidades (DUTCH... 2012).

Sua primeira parceria foi, como já citado anteriormente, com Daniel Widrig para a coleção *Crystalization*. Foi nesta colaboração que Iris Van Herpen notou a necessidade de fazer colaborações se ela quisesse continuar a utilizar esta tecnologia. A designer pondera, porém, que a tecnologia nunca é a inspiração para algo, mas sim uma ferramenta (DUTCH... 2012).

Figura 6: Primeira peça impressa em 3D em uma passarela

Fonte: irisvanharpen.com

Outro momento em passarela que a impressão 3D esteve presente, foi em 2014 no desfile da marca *threeASFOUR* em colaboração com o arquiteto Bradley Rothenberg, intitulado *MER KA BA*. Bradley Rothenberg, hoje CEO da *nTopology*, *startup* voltada para o design 3D, foi o responsável pelos tecidos 3D usados, segundo o mesmo, ele vem usando a tecnologia SLS na grande maioria em seus designs por permitir uso de estruturas geométricas mais complexas, sem a necessidade de suportes de impressão (THE JEWISH MUSEUM, 2013).

Esta coleção também contou com a parceria da Materialise, empresa que há mais de 25 anos trabalha com serviços e softwares voltados ao 3D (MATERIALISE, 2019). A Figura 7 mostra uma das peças pertencentes à coleção.

Figura 7: Peça pertencente à coleção MER KA BA

Fonte: National Design Awards (2014)

Desde este desfile em 2014, a grife threeASFOUR vem investindo no uso da impressão 3D para viabilizar seus designs. Em outra coleção, primavera/verão na New York Fashion Week 2016, a grife contou com a parceria do designer Travis Fitch e o apoio da Stratasys, que se dedica às soluções em software e serviços 3D. Neste novo desfile, usa-se a nova máquina da Stratasys, a *Objet350 Connex3* e o *Material Nano Enhanced Elastomeric* da Stratasys (KOSLOW, 2016).

De acordo com Gabriel Asfour, o novo “tecido” criado, Figura 8, funciona a partir de unidades, que permitem a movimentação junto ao corpo através de suas interações. Segundo o mesmo, quando se trabalha com processos e materiais tradicionais a modelagem, tecelagem e costura são processos distintos para criar um produto, na impressão 3D estes processos são combinados (STRATASYS... 2016).

Figura 8: “Tecido” da grife threeASFOUR

Fonte: Koslow (2019)

Também em 2016, na mesma edição na New York Fashion Week, Alexis Walsh's expôs trabalhos que feitos através da tecnologia 3D, a coleção LYSIS e *The Spire Dress*. De acordo com a designer a impressão 3D é sua forma favorita de criar para moda. *The Spire Dress* (Figura 9), peça criada em colaboração com o designer Ross Leonardy foi confeccionada através da tecnologia SLS e impressa pela Shapeways, já citada anteriormente neste trabalho (KOSLOW, 2016).

Figura 9: The Spire Dress

Fonte: Koslow (2016)

Outro projeto de vestuário impresso através da técnica SLS é o vestido *Kinematics*, da empresa Nervous System, Figura 10. Após criarem um design articulado para ser impresso através do processo SLS em nylon, a empresa criou um software capaz de dobrar o design reduzindo em até 85% seu tamanho, tornando-se viável uma impressão única (NERVOUS SYSTEM, 2014) .

Figura 10 – Kinematics Dress

Fonte: Nervous System (2014)

Já tendo trabalhado em parceria com o trio de designers da threeASFOUR, Bradley Rothenberg também se dedicou a criar peças que pudessem funcionar como tecidos (Figura 11) (GRUNEWALD, 2014).

Para Grunewald (2014), em uma matéria para o portal 3D Printing Industry, o fato de Rothenberg utilizar-se de termoplásticos elastômeros e poliuretano termoplástico em peças usáveis é incrível, mas a construção do “tecido” destaca-se. Bradley Rothenberg também se utiliza do método SLS nestas produções.

Figura 11 – “Tecido” de Bradley Rothenberg

Fonte: GRUNEWALD, 2014

Durante a visita técnica no Centro de Tecnologia e Inovação Renato Archer, foi explicado que, entre outras técnicas, a impressão por SLS é mais comum em nível industrial pelo tamanho da impressora e, por sua matéria prima tratar-se de um material em pó a ser sintetizado por um laser, há razões de segurança que ainda não expandiram este tipo de impressão ao ponto de considerar-se uma impressora *entry level*. Além disto, o uso da fabricação de forma terceirizada exime os designers de uma dificuldade da impressão 3D: a parametrização das impressoras.

Outros processos de manufatura por adição cuja análise não foi levada à diante devido ao recorte, mas tão relevantes que não poderiam deixar de ser mencionadas são: Electroloom e Fabrican.

A Electroloom, empresa encerrada em 2017, criou uma impressora 3D (Figura 12) através do já existente processo de Eletrofiação. Esta equipe, formada principalmente por estudantes de engenharia, foi capaz de imprimir uma camiseta regata em tecido não tecido através de um molde metálico (ELECTROLOOM... 2015).

Figura 12: Electroloom

Fonte: Adaptado de Electroloom (2017)

De acordo com O'Mahony em *Advanced Textiles for Health and Well-Being* (2011) a produção do tecido não tecido ou *nonwoven*, em inglês, se dá através da junção de fibras ou fios através de calor, pressão, adesivos, água ou combinação destas técnicas. Historicamente, segundo a mesma autora, os não tecidos foram usados inicialmente como um material barato e descartável. Entretanto, surgiram não tecidos mais fortes, com maior longevidade e uma maior gama de aplicações.

Apesar deste feito incrível o processo de impressão da Electroloom está longe de ser considerado *entry level* por envolver o processo de confecção de molde anterior à impressão. A empresa Electroloom foi encerrada, de acordo com seu *website* em 2016. Outro projeto que se utilizou da lógica de tecido não tecido é o Fabrican.

Trata-se de uma solução em aerossol, não inflamável, composta de fibras naturais e sintéticas com polímeros líquidos que se solidifica em um tecido não tecido em contato com o ar (Figura 13). Pode ser usada mais de uma vez, lavada e dissolvida para criar um novo design, qualidade esta que auxiliaria na redução de resíduos têxteis uma vez que a forma de consumo de moda mais acessível hoje, é o *fast fashion* (FABRICAN, 2019).

O criador, Manel Torres, por sua vez já visualizou aplicações médicas para esta tecnologia. Por se tratar de um tecido líquido, em uma lata de aerossol trata-se de um produto completamente estéril. Além disto, pode ser impregnado com nanotecnologia e/ou medicamentos tornando-se em um curativo instantâneo. Criada em 2003, esta tecnologia já vislumbra diversas aplicações que podem ser exploradas no *site* da empresa, entre elas uso médico, automotivo, moveleiro, moda, entre outros. Recentemente, em 2016, foi anunciado o tecido em aerossol eletro condutivo (FABRICAN, 2019).

Figura 13: Fabrican

Fonte: Fabrican (2019)

3. IMPRESSÃO 3D E MODA: EXTRUSÃO E MATERIAIS

De acordo com John E. Barnes, vice presidente da *Advanced Manufacturing and Strategy at Arconic Titanium & Engineered Products* em um artigo intitulado “ Os próximos cinco anos da impressão 3D” para *3D Printing Industry*:

Quando se combina a abordagem de manufatura camada-a-camada com a flexibilidade de design que permite, a impressão 3D tem o poder de mudar a maneira que produzimos qualquer produto, em qualquer indústria.

As possibilidades da “tinta” na impressão 3D é infinita.

Também para o estilista Gabriel Asfour da marca threeASFOUR, em entrevista para o canal i-D no vídeo “The future of fashion” em 2013: “Quando a impressão 3D possibilitar a impressão de lã, algodão, couro, e fibras naturais, aí nós estaremos ‘conversando’”. Roni Jacobson que escreve para o portal Wired também foca na questão de materiais: “enquanto o problema do material não for resolvido, a impressão 3D vai continuar parecendo muito mais um projeto de arte do que uma indústria” (JACOBSON, 2017).

Dada a extensão de trabalhos de design já realizados com o intuito de viabilizar a impressão 3D e o avanço tecnológico dos maquinários, a lacuna do estudo de materiais tornou-se quase um foco central do trabalho. E para a compressão dos materiais que estão sendo usados e desenvolvidos, faz-se necessária a compreensão da impressão 3D pela técnica FDM.

1. Morfologia extrusão

1.1. Extrusão

A aplicação industrial do processo de extrusão data de 1930. É uma das tecnologias de processamento no plástico, borracha e da indústria de alimentos. Atualmente, mais da metade de todos os produtos de plástico são fabricados por este processo (CHOSHI; ZIA, 2004).

A extrusão é um processo de converter um material em um produto de forma e densidades uniformes, forçando- através de um bico sob condições controladas. Exemplos de produtos feitos pelo processo de extrusão de polímeros incluem tubos,

mangueiras, fios isolados, cabos e telhas. Plásticos são comumente processados por extrusão incluem acrílicos (polimetacrilatos, policrilatos) e celulósicos (acetato de celulose, proplonato e butirato de acetato), polietileno (baixa e alta densidade), polipropileno, vinil plástico, poliestireno, poliamida (nylon) e policarbonatos. (CHOKSHI; ZIA, 2004).

1.2. Extrusão na impressão 3D

De acordo com o portal *3D Printing Industry*, uma importante plataforma informativa e social com editoração de Michael Petch, Beau Jackson e Rushabh Haria¹, a impressão 3D por extrusão de termoplásticos é facilmente o processo mais comum e mais conhecido de impressão tridimensional. O mesmo *site* também afirma que a proliferação de máquinas *entry-level* (iniciantes) que se deu em 2009 usa-se de métodos similares de extrusão e geralmente utiliza-se da abreviação FFF (FreeForm Fabrication), uma vez que a fabricante *Stratasys* ainda detém a patente do processo por FDM (Fused Deposition Material). Este processo é esquematizado na Figura 14 a seguir.

Figura 14: Modelo de impressão 3D

Fonte: Michael Petch (2019)

¹ Mais sobre o portal em: <https://3dprintingindustry.com/about-us/>

Como já abordado na introdução deste trabalho, este processo funde o filamento plástico que é depositado, através de um cabeçote de extrusão, camada por camada. Cada uma destas camadas ou *layers* endurece enquanto vai sendo depositada e funde-se à camada anterior (MICHAEL PETCH, 2019).

A *Stratasys*, detentora da patente, já desenvolveu uma vasta gama de materiais para serem usados como filamentos à nível industrial. Quando se fala de impressão amadora as opções são mais limitadas, mesmo com o crescimento exponencial de opções. Os materiais mais comuns ainda são ABS (Acrilonitrila butadieno estireno) e PLA (Ácido Polilático). (MICHAEL PETCH, 2019)

1.3. Extrusão no Têxtil

De acordo com o site *Fibrenamics*, uma plataforma da Universidade do Minho que atua em vários setores que abrangem as fibras, uma das formas da utilização de polímeros são as fibras multicomponentes. As fibras multicomponentes combinam pelo menos dois polímeros com propriedades e/ou composições químicas diferentes. (FIBRENAMICS, 2018)

Neste tipo de fibra, de acordo com o portal *Fibrenamics*, os polímeros são extrudados conjuntamente, sendo que a sua posição relativa ao longo do comprimento da fibra depende de fatores como a geometria dos orifícios da fiação e das propriedades intrínsecas do próprio polímero, incluindo a viscosidade e a massa molecular.

1.3.1. Fibras bicomponentes

Fibras bicomponentes são resultantes da extrusão de dois polímeros a partir de uma mesma fiação. Com ambos os polímeros no mesmo filamento, o principal objetivo é explorar recursos não existentes em um único polímero. Há diversas estruturas e tipos de associações que podem formar fibras bicomponentes, conforme ilustrado na Figura 15 (GOMES, COSTA, MOHALLEN, 2015).

De acordo com o site *Fibrenamics* (2019):

Uma das fibras multicomponentes mais utilizadas é constituída por polietileno e polipropileno (polímeros com pontos de fusão distintos), sendo utilizadas na produção de não tecidos, utilizando a fibra de polietileno como ligante por apresentar menor ponto de fusão. O material resultante é leve, resistente, suave e confortável, seca rapidamente e possui elevada resistência à abrasão e à sujidade

Figura 15: Fibras bicomponentes

FAMÍLIA	FIBRAS BICOMPONENTES VARIÁVEIS					
PELE E CORAÇÃO	50/50	20/80	ECENTRICO	TRILOBAL	CONDUTOR	
LADO A LADO	50/50	20/80	VISCOSIDADE MISTA	ABA	TRILOBAL	CONDUTOR
SECÇÃO TRILOBAL	TRILOBAL		CROSS/CRUZ			
MICROFIBRA	SEGMENTO DE TORTA	ILHA NO MAR	LISTRADO			
FIBRAS MISTURADAS	COLORIDO	DENIERS	SECÇÃO	BICOMPONENTE / MONOFILAMENTO		

Fonte: Gomes, Costa e Mohallen, 2015

2. Revisão sobre fibras

De acordo com McQuaid em *Extreme Textiles designing for high performance* (2005), os têxteis técnicos e tecnológicos são alguns dos mais inovadores e puros exemplos de design hoje em dia. Muitos dos novos materiais criados são colaborações que permeiam diversas disciplinas, e todas elas representam uma extraordinária quantidade de pesquisa e dedicação de artistas, designers, cientistas, engenheiros e visionários.

Também em *Extreme Textiles designing for high performance* (2005), Brown considera fibras de alta performance se houver excepcional força, força em relação ao peso, resistência a químicos ou chamas, ou uma faixa de temperaturas de operação. Avanços importantes em resistência de fibras foram feitos com a introdução de materiais sintéticos como o *nylon* nos anos 1930 e o poliéster nos anos 1950. O desenvolvimento de fibras de tamanha alta-performance influenciou designers e engenheiros a reexaminar as capacidades estruturais de produção têxtil como a tecelagem, a malharia, o entrelaçamento e o bordado. De acordo com a autora, a qualidade dos tecidos depende da interação entre as propriedades do material e sua geometria estrutural ou em suas fibras e como estas são ordenadas (BROWN, 2005).

Segundo Marie O'Mahony em *Advanced Textiles for Health and Well-Being* (2011), os desenvolvimentos em fibras e fios veem gerando impactos tanto em fibras naturais como em materiais sintéticos. Engenheiros de fibras, *fiber engineers*, estão criando fibras que combinam os benefícios de ambas, algumas vezes trazendo estes materiais juntos em forma de híbridos. Enquanto as fibras sintéticas originais eram imitações pobres de materiais naturais mais caros, as fibras projetadas (*engineered fibers*) que vemos hoje, são mais valorizadas em todos os sentidos. A performance é ressaltada pelo toque e conforto associado às fibras naturais.

A mudança mais significativa na indústria têxtil vem sendo em termos de comportamento. Pesquisa e desenvolvimento não mais focam em imitar a natureza. Ao invés disso, busca-se combinar as melhores qualidades das fibras feitas pelo homem e ao mesmo tempo buscando sua própria estética e benefícios para o consumidor. Foi quando o plástico deixou de tentar imitar madeira ou marfim que designers, produtores e consumidores começaram a valorizá-lo. As inovações que estão sendo vistas veem sendo lideradas pelo consumidor: seja pela mudança demográfica, engajamento com o meio ambiente e a crescente consciência responsabilidade social global (O'MAHONY, 2011).

Preocupações ambientais vêm encorajando produtores a focar no uso de uma única fibra em seus fios através do desenvolvimento de fibras prototipadas. No entanto, ainda há e continuará a existir razões para a junção de fibras com qualidades diferentes para aplicações em performance, saúde e segurança (O'MAHONY, 2011).

De acordo com Kula (2012), cada fibra possui características próprias. As fibras precisam ser trabalhadas e fiadas em fios ou filamentos de extensão contínua e

diâmetro uniforme para o uso em tecidos. A produção de fios com fusos e carreteis é uma técnica antiquíssima e com o passar do tempo foi industrializada.

A Figura 16 adaptada de Gomes, Costa e Mohallen (2015), mostra as três principais categorias de fibras: naturais, sintéticas e artificiais. Cada fibra possui características que difere das demais, as características mais analisadas são taxa de amarrotamento (resiliência), permeabilidade ao vapor de água (absorção e troca de umidade) e resistência à tração (tenacidade). (GOMES, COSTA e MOHALLEN, 2015)

Figura 16 – Principais categorias de fibras

Fonte: Gomes, Costa e Mohallen, 2015

As fibras químicas, que constituem a maioria das fibras utilizadas e são obtidas pelo processo de extrusão. A Figura 17 mostra o funcionamento do processo de extrusão e a Figura 18 trata-se das formas possíveis na extrusão de fibras químicas em prol de algumas características. Historicamente, as chamadas fibras químicas foram desenvolvidas para substituir as naturais. (PEZZOLO, 2007 apud GOMES COSTA e MOHALLEN, 2015)

De acordo com Villas (2014), é fato que ainda não se consegue, na indústria, produzir uma fibra química que seja idêntica a natural. A principal reclamação é a baixa taxa de troca de umidade, pois o suor fica retido entre a pele e o tecido causando desconforto. Além da sensação de abafamento que o usuário pode sentir usando peças 100% *nylon* ou poliéster, por exemplo, pode haver mal cheiro proveniente de microrganismos podendo levar até mesmo à proliferação de fungos na pele.

Figura 17 - Processo de extrusão de fibras sintéticas

Fonte: Gomes, Costa e Mohallen, 2015

Figura 18: Propriedades dos filamentos em função da forma da fieira

Fonte: Adaptado de Kula, 2012

Para solucionar alguns problemas das fibras não-naturais, uma das soluções encontradas foi o uso de fibras sintéticas conjuntamente a fibras naturais. (PEZZOLO, 2007). Outra solução são as microfibras, estas possuem a mesma composição química que as fibras sintéticas, porém com um diâmetro menor. Essa variação no diâmetro melhora a sensação de conforto (SALEM, 2010).

3. Revisão sobre termoplásticos

A impressão por FDM (*Fused Deposition Material*) é a técnica mais utilizada por impressoras 3D mais acessíveis (*entry level*). As impressoras por FDM fundem filamentos de polímeros através de um extrusor e deposita o material derretido na mesa de impressão (MARTENS e EHRMANN, 2017).

De acordo com Kula em Materiologia (2012), a aparição dos plásticos nos anos 1950 mexeu com o mundo dos materiais e foi reservado um lugar à parte no cenário mundial, transformando o adjetivo “plástico” em substantivo. Entretanto, químicos e profissionais da área preferem se referir a este material como “polímero”. Os polímeros cobrem todos os estados dos materiais do rígido ao flexível, além disto desempenharam um papel importante no surgimento de milhares de novos materiais híbridos.

Os plásticos são materiais feitos de um grupo de macromoléculas (longas cadeias de moléculas), cujo átomo central é quase sempre de carbono. Os átomos de hidrogênio completam a estrutura molecular básica, que, de acordo com o material em questão acomoda átomos de oxigênio, nitrogênio, cloro, flúor, entre outros. Os componentes necessários para a fabricação dos plásticos são extraídos de diversas substâncias naturais, principalmente o petróleo, mas também do gás natural, do carvão ou de outros materiais orgânicos e minerais como sal marinho, calcário, água ou madeira. Muitas alternativas ao petróleo estão emergindo como matéria-prima para os materiais plásticos como os biopolímeros a base de milho ou à base de ácido láctico (PLA) (KULA, 2012).

Segundo Silva e Silva (2003) do Grupo de Pesquisa em Novos Materiais da Universidade Federal de Mato Grosso, os polímeros são materiais que apresentam em sua estrutura molecular repetidas unidades conhecidas como *meros* ou monoméricas. O número de meros na cadeia polimérica é chamado grau de polimerização. Quando existem tipos diferentes de meros na composição do polímero,

este é designado copolímero. Se existirem três meros formando o polímero, pode-se chamá-lo de terpolímero, e se possuíram somente um tipo de mero, homopolímeros. Dependendo das características físicas desejadas para formar materiais a partir de polímeros, faz-se necessária o controle da porcentagem de cada mero.

Ainda de acordo com Silva e Silva (2013), os polímeros podem ser classificados de diferentes formas. Cada um dos critérios utilizados para essa classificação enfoca um determinado aspecto dos polímeros. As principais classificações são as que se baseiam:

- Na origem do polímero: natural ou sintético
- Na fusibilidade e/ou solubilidade do polímero: Estas duas propriedades são muito importantes do ponto de vista tecnológico. Os polímeros que podem ser fundidos sob aquecimento e solidificado por resfriamento, sem que ocorra decomposição generalizada, são chamados termoplásticos.
 - No comportamento mecânico do polímero: borrachas, plásticos e fibras;
 - No número de monômeros: homopolímero, copolímero, terpolímero;
 - No método de preparação dos polímeros: adição ou condensação (quando há formação de subprodutos);
- Na estrutura química da cadeia polimérica: poli-hidrocarbonetos, poliuretanas, poliamidas, entre outras;
- Na configuração dos átomos da cadeia polimérica: cis ou trans;
- No encadeamento da cadeia polimérica: cabeça-cauda, cabeça-cabeça ou cauda-cauda;
- Na taticidade da cadeia polimérica: isotáticos, atáticos ou sindiotáticos.

3.1. Termoplásticos e Termofixos

De acordo com Kula (2012), existem dois grandes grupos de plásticos: os termoplásticos e os termofixos. Os termoplásticos possuem ligações fracas entre seus átomos, chamadas ligações de Van der Waals, que desaparecem quando o material é aquecido e se formam novamente quando o material é resfriado. Os termoplásticos demonstram um efeito reversível sob a ação do calor, facilitando sua reciclagem. Alguns exemplos de termoplásticos: poliestireno, polietileno, polipropileno, policarbonato, poliéster saturado, polimetilmetacrilato, policloreto de vinila.

Já os polímeros termofixos possuem fortes ligações, as ligações covalentes, que não são rompidas pela ação do calor. Uma vez que este material é submetido ao calor e a catalizadores o processo é irreversível. A reciclagem direta não é possível. Exemplos de termofixos: poliuretano, epóxi, poliéster insaturado.

3.2. Termoplásticos elastômeros

Os elastômeros constituem uma família de polímeros com propriedades de elasticidade superiores, sendo capazes de se alongar entre 5 e 10 vezes o seu comprimento original sem rompimento e podem retornar à sua forma original após o estiramento. A borracha natural ou látex é o elastômero mais antigo e usual (KULA, 2012).

Diferente de qualquer outro sólido, estes materiais tendem a preservar sua forma quando são estirados. Elastômeros de alto índice de amortecimento recuperam a forma original lentamente, enquanto os de baixo índice de amortecimento retornam abruptamente à sua forma (ASHBY; JOHNSON, 2010).

A maioria dos elastômeros são polímeros termofixos e seu processo de reciclagem é complexo. Recentemente surgiram elastômeros termoplásticos (TPEs), infelizmente estes apresentam resistência a temperatura relativamente baixa (menos de 100°C). Existem TPEs à base de estireno (SEBS), olefina (TPOs) e poliuretano (TPUs) (KULA, 2012). De acordo com Ashby e Johnson (2010), a sensibilidade de termoplásticos à luz solar pode ser reduzida com adição de filtros UV e a flamabilidade com adição de retardadores de chamas.

3.3. Biopolímeros

Em um artigo sobre biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes, Brito et al. (2011) afirma que a tendência mundial de redução das emissões de CO₂ na atmosfera tem impulsionado a demanda no mercado por plásticos de origem vegetal.

Devido suas características os biopolímeros, os polímeros biodegradáveis e os polímeros verdes, se enquadram bem no conceito de sustentabilidade, que segundo a comissão mundial do meio-ambiente e desenvolvimento (*World Commission on Environment and Development - WCED*): “um desenvolvimento sustentável é aquele

que atende às necessidades do presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de atenderem as suas necessidades”.

A Figura 19 ilustra um esquema que apresenta os três pilares do desenvolvimento sustentável, são eles: desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e a proteção ambiental (BRITO et al., 2011).

Figura 19: sustentabilidade ilustrada

Fonte: Brito et al. (2011)

Polímeros biodegradáveis são polímeros cuja degradação resulta da ação de microrganismos de ocorrência natural como bactérias, fungos e algas (ASTM International D6400-04, 2019). Os biopolímeros podem ser provenientes de fontes naturais renováveis como milho, celulose, batata, cana-de-açúcar, ou serem sintetizados por bactérias a partir de pequenas moléculas como o ácido butírico ou o ácido valérico dando origem ao polihidroxibutirato – PHB e ao polihidroxibutirato-co-valerato – PHB-HV. A Figura 21 ilustra um fluxograma classificando alguns polímeros biodegradáveis de acordo com sua fonte de obtenção (BRITO et al., 2011).

De acordo com material divulgado pela ABIPLAST (Associação Brasileira de Indústria do Plástico), os polímeros obtidos a partir de matérias-primas renováveis são chamados biopolímeros e estes podem ser ou não biodegradáveis (compostável).

Ainda segundo a ABIPLAST, alguns tipos de biopolímeros são:

- PE “verde”: polímero produzido por reação de polimerização convencional utilizando matérias-primas de origem renovável (sustentável) como etanol da cana-de-açúcar. Possui as mesmas propriedades que o material obtido de fontes convencionais (petróleo) e não é biodegradável.

- PLA (Poliácido láctico): polímero obtido a partir do ácido láctico produzido pela fermentação do milho, este material é biodegradável (compostável)

- Polihidroxicanoato – PHAs, Polihidroxibutirato – PHB, Polihidroxivalerato – PHV: polímeros produzidos por micro-organismos ou bactérias modificadas geneticamente. Estes micro-organismos sintetizam polímeros que são extraídos e usados como plásticos. Estes materiais são biodegradáveis.

Dentre os polímeros biodegradáveis, os obtidos a partir de fontes renováveis, chamam atenção devido ao menor impacto ambiental causado com relação a sua origem, o balanço positivo de dióxido de carbono (CO₂) após compostagem, e a possibilidade de formação de um ciclo de vida fechado, como ilustrado na Figura 20 de Brito et al., 2011.

Figura 20: Ciclo de vida fechado

Fonte: Brito et al., 2011

Figura 21: Polímeros biodegradáveis e sua fonte de obtenção

Fonte: Brito et al, 2011

4. IMPRESSÃO 3D ATRAVÉS DA TÉCNICA FDM NA MODA

1. Danit Peleg

Danit Peleg é, atualmente, a principal designer trabalhando com impressão 3D através da técnica FDM. Peleg ganhou notoriedade em 2015 com seu projeto de conclusão de curso, a coleção *Liberty Leading the People* (Liberdade Liderando o Povo, em tradução literal) (FORGET... 2016).

Antes disso, de acordo com a própria Danit Peleg em uma palestra para a TED Talks em 2016, a designer teve seu primeiro contato com a impressão 3D em 2014, onde estagiou com a marca threeASFOUR (mencionada no capítulo 1) na coleção MER KA BA, Figura 22. De acordo com Peleg havia alguns problemas nestas peças: elas eram feitas de plástico rígido, facilmente quebráveis, as modelos não podiam sentar enquanto estivessem vestidas e tiveram arranhões por conta do material e do design (FORGET... 2016).

Nesta mesma palestra, de 2016, Peleg ressalta:

With 3D printing the designers have so much freedom to make the dresses look exactly what they wanted, but still, they we're very dependent on a big and expensive industrial printer that was located far from their studio.

(Com a impressão 3D os designers têm tanta liberdade para criar vestidos exatamente do jeito que eles querem, mas ainda assim, eles são muito dependentes de uma grande e cara impressora industrial que está localizada longe de seus *studios*.)

Após ter notado estas complicações, Peleg passou quase um ano pesquisando soluções e começou a usar um novo filamento para alimentar a impressora: o Filaflex da empresa espanhola Recreus. De acordo com o fabricante, Recreus, o Filaflex trata-se de um termoplástico com base em poliuretano. Este novo material permitiu à designer de moda imprimir peças prontas, sapatos, acessórios e “tecidos” (FORGET... 2016) .

Peleg também quis solucionar outra questão: imprimir tecidos que pudessem ser usados como outro qualquer. A designer encontrou, online, a solução em um arquivo *open source*² (Figura 23) e passou a modificá-lo (Figura 24).

² *Open source* ou código aberto é aquele software ou design disponível online que pode ser livremente modificado para diversos fins.

Figura 22 – Estágio de verão de Danit Peleg com a threeASFOUR em 2014

Fonte: Forget... (2016)

Figura 23: “Tecido” *open source* usado como base por Peleg

Fonte: Forget... (2016)

Figura 24: Modificações e testes no “tecido” utilizado por Peleg

Fonte: Forget... (2016)

Para completar a sua coleção, Peleg precisava imprimir mais de 5000 horas. A designer utilizou-se então de mais 6 impressoras caseiras de processo FDM (Figura 25). As impressoras usadas são da empresa europeia BQ. De acordo com o portal 3D Hubs, esta impressora tem *chassis* reforçando, próprio para o empilhamento de máquinas. Com resolução de 50 microns e medidas de 29,7 x 21 x 20 centímetros, o valor desta impressora, que hoje já conta com uma nova e atualizada geração, tem preços médios a partir de 1300 dólares americanos (3D HUBS, 2019).

Figura 25: Impressora 3D utilizada por Peleg

Fonte: Leds and Chips (2019)

Usando o *Filaflex*, tendo como base este arquivo *open source* de “tecido” impresso e, de acordo com o seu *website*, tendo acesso ao time das empresas *Tech Factory Plus* e *XLN*, Peleg concluiu sua primeira coleção *Liberty Leading the People* (Figura 26).

Figura 26: Coleção *Liberty Leading the People*

Fonte: Peleg (2017)

Danit Peleg em sua mais recente coleção “THE BIRTH OF VENUS” (Figura 27) trabalha uma coleção monocromática em tons nude e alguns pontos de cor em vermelho. O site da designer de moda não dá mais informações sobre o processo criativo dessa coleção, apenas imagens.

Diferente da primeira coleção, todas as peças agora contam com o uso de recortes, exigindo o uso de forros ou o uso de *underwear* em cor similar ao filamento. Peleg utiliza-se das mesmas estruturas de sua primeira coleção: estruturas vazadas em formato triangular e de losangos e uma estrutura em zig-zag conforme as Figuras 28 e 29.

Estes mesmos princípios de estruturas foram utilizados pela designer em 2015 em seu trabalho final de conclusão do bacharelado. Na nova coleção, entretanto, foi excluída uma estrutura utilizada em sua primeira coleção que consiste em várias pequenas placas encaixadas. Esta última estrutura aparentemente elimina o uso de forros e do *underwear*. Estes encaixes podem ser vistos no *look* branco de sua primeira coleção *Liberty leading the people*, Figura 30.

Figura 27: Coleção *The birth of Venus*

Fonte Fonte: Peleg (2017)

Figura 28: Recortes em forma de losango

Fonte: Peleg (2017)

Figura 29: Estrutura em zig-zag

Fonte: Peleg (2017)

Figura 30: Estruturas em placas

Fonte: Peleg (2017)

Atualmente, a única peça que é vendida em seu website é uma jaqueta (Figuras 31 e 32) em que se utiliza forro em cetim. O cetim é um tecido habitualmente usado para forros, com moldes produzidos de forma usual e costura também clássica. Além disso, a compra também é feita de forma tradicional, com produção localizada e distribuição pelos convencionais meios de transporte. Trazendo as mesmas questões da indústria têxtil tradicional: embalagem, transporte, criação e produção localizada.

Afinal, diferentemente do que diz em seu site na área de compra da jaqueta “start designing”, trata-se de mais uma *postponement strategies* citado por Azmeh, Nadvi (2014) que consiste na customização tardia do produto até o último instante possível para responder às mudanças em tempo real do mercado ou neste caso, atender dentro de uma gama limitada a preferência do cliente em cores, tamanhos pré definidos e limitados e uma customização com a inserção de uma palavra com limite de letras.

Figura 31: Jaqueta de Danit Peleg

Fonte: Danit Peleg (2018)

Figura 32: Danit Peleg usando a jaqueta que é vendida em seu website

Fonte: Danit Peleg (2018)

2. Reprodução de estruturas têxteis por Melnikova, Ehrmann e Finterbusch

Em 2014, na Global Conference on Polymer and Composite Materials, Melnikova, Ehrmann e Finsterbusch apresentam no artigo *3D printing of textile-based structures by Fused Deposition Modelling with different polymer materials*. Neste artigo, os autores reproduziram estruturas convencionais têxteis em impressoras do tipo FDM com diferentes filamentos.

Na Figura 33 de Melnikova et al (2014), mostra em seu topo esquerdo a modelagem em programa CAD de uma estrutura que simula malha ou tricô tradicionais e em seguida, nas imagens de baixo, a impressão no mesmo tipo de impressora de Peleg, sendo a da esquerda em BendLay e a da direita em soft PLA.

De acordo com os autores do artigo, esses experimentos mostram que a simples reprodução de estruturas têxteis talvez não seja a abordagem ideal para impressoras FDM. A foto superior à direita da Figura 33 mostra a mesma estrutura impressa em máquina do tipo SLS. Os autores ressaltam a perceptível diferença de resolução e a ausência de estruturas de suporte que comprometam o acabamento.

Figura 33: Reprodução de estruturas têxteis

Fonte: Melnikova et al (2014)

No mesmo artigo, Melnikova et al (2014) também reproduzem a estrutura de com os tradicionais floreados desse tipo de tecido como podem ser vistos na Figura 34 e 35. Esta impressão foi feita com um filamento diferente, Lay Tekkks que necessita da ação de água para tornar-se flexível.

O filamento Lay Tekks é um dos quatro diferentes filamentos porosos da linha PORO-Lay³. O engenheiro de materiais Kai Parthy, que é responsável pela criação desta linha, também já criou diversos tipos de materiais para filamentos como o LAYBRICK, que assemelha-se à concreto e LAYOO-D3 que tem aspecto de madeira.

A nova linha consiste em quatro filamentos diferentes: LAY-FELT, LAY-TEKKKS, LAY-FOMM, GEL-LAY. O LAY-FELT e o LAY-TEKKKS são similarmente materiais de feltro, embora o LAY-TEKKKS seja mais fino e fibroso.

Figura 34: Reprodução da estrutura de renda

Fonte: Melnikova et al (2014)

Figura 35: Reprodução da estrutura de renda antes e depois do tratamento de flexibilização

Fonte: Melnikova et al (2014)

³ Vídeo com detalhes da linha PORO-Lay: <https://www.youtube.com/watch?v=Pkaus3DN2w0#action=share>

Outra proposta que Melnikova et al (2014) reproduz neste artigo é uma estrutura multi-material. A ideia deste modelo é baseada nas próprias roupas, que recorrentemente contém partes mais duras como ilhoses, botões, zíperes, entre outros aviamentos, suportes e fechamentos. No caso da impressão da figura 36, foram utilizados os filamentos soft PLA e BendLay em uma impressora de cabeçote de extrusão duplo.

Figura 36: Impressão 3D com cabeçote de extrusão duplo

Fonte: Melnikova et al (2014)

3. Vestido inBloom

Em 2014, os australianos Kae Woei Lim e Elena Lim, imprimiram o vestido inBloom (Figura 37) com 191 painéis utilizando filamento flexível de PLA. Os painéis levaram 265 horas e 15 minutos de impressão, usando apenas 1 kg de material (KUHN, MINUZZI, 2015). Esta esteve em exposição até junho de 2017 no *Museum of Applied Arts & Sciences*, em Sydney. De acordo com o site do museu, o vestido foi criado em um workshop da XYZ, cujos fundadores são o casal Lim.

Os criadores do inBloom são comprometidos com o movimento *open source* e disponibilizaram os arquivos online. Além do vestido, todo o *workshop* da XYZ está disponível para *download* com os arquivos de relógio flexível, bolsa e carteira. No mesmo perfil, na plataforma de compartilhamento de arquivos YouImagine, também compartilham o arquivo de um tear, Figura 38 (BUDGE, 2016).

Figura 37 – Vestido inBloom

Fonte: XYZ Workshop (2014)

Figura 38 – Tear disponibilizado pelo XYZ workshop

Fonte: XYZ Workshop (2014)

4. Impressão 3D em maquinário *entry level* no Brasil

De acordo com Santos e Conceição (2017), em um artigo para a revista Triades, os processos de manufatura aditiva começaram a mostrar sinais de desenvolvimento no Brasil. Em uma parceria entre a grife mineira Plural e a empresa *maker* 3D Lopes foram impressos tecidos que desfilaram no Minas Trend, evento de moda que está, atualmente, em sua 25ª edição.

Além do desfile, a coleção ficou em exposição no Minas+10, que faz parte do mesmo evento. Complementando a experiência do visitante, impressoras 3D em funcionamento foram inseridas na exposição. Os tecidos foram impressos em poliuretano termoplástico (TPU), um filamento elastômero que confere o caimento e certo conforto. De acordo com Daniel Lopes, diretor executivo da 3D Lopes, é fundamental escolher um filamento que permita a maleabilidade das peças, segundo ele: “A geometria complexa das padronagens é obtida com sucesso na impressão 3D. Assim, criamos produtos únicos, uma maneira de reunir alta costura e tecnologia”, explica (MATERIALIZE, 2018).

Figura 39: Impressão 3D no Minas Trend, 2017

Fonte: Materialize, 2018

5. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

A impressão 3D para vestuário vem trazendo constante atenção do público através da divulgação midiática. Apesar deste trabalho nunca ter tido como intenção mensurar a quantidade de projetos de moda desenvolvidos com impressão 3D, pode-se notar quão entusiasmados os designers de moda ficaram com esta possibilidade. A partir de uma revisão bibliográfica e de pesquisa de moda, pontuamos a relação entre designers da tecnologia de impressão 3D e o fator social que permeia a comunidade *maker* e consumidores em potencial.

Existem hoje, inúmeros fóruns, blogs, sites, manuais e comunidades online sobre impressão 3D. O que impressiona esta comunidade, que está cada vez maior, é o poder produzir e personalizar em casa os produtos que desejam, é a quebra do paradigma B2C. Como mencionado na introdução do trabalho, é o acesso a informação que empodera os consumidores a serem criadores e influenciadores. Foi através da observação da comunidade *maker* que se observou uma quebra do paradigma B2C, contribuindo com a prática do Design, percebendo a necessidade de aproximação entre a realidade do usuário, em termos de acessibilidade.

Acessibilidade tanto ao designer (através de fóruns e redes sociais) quanto ao produto (crescimento de projetos *open source*), tanto ao maquinário - origem do interesse e aprimoramento das impressoras *entry-level*. Nota-se a dificuldade do posicionamento de um designer de moda perante esta quebra de paradigma. Se o usuário final quer poder produzir, customizar e alterar o produto, o designer deve aproximar-se da realidade do usuário. Deve-se considerar o acesso à maquinários, materiais, acabamentos e principalmente, considerar o descarte ou reciclagem.

Apesar do pioneirismo e dos admiráveis resultados estéticos, nos projetos de Danit Peleg e a parceria entre a 3D Lopes e a grife brasileira Plural, o paradigma B2C permanece intocável. Apesar de utilizarem da tecnologia de impressão tridimensional, ambos os projetos mantiveram o distanciamento tradicional entre designer e consumidor. Danit Peleg cria certa oportunidade de customização em seu produto, mas de forma limitada e sem a possibilidade do consumidor realizar a impressão de seu design, limitando assim testes em outros filamentos e trabalhos decorrentes de seu modelo.

Assim como Melnikova et al (2014), mostraram que a simples reprodução de estruturas têxteis podem não ser a melhor opção para a impressão 3D de vestuário, a simples reprodução do paradigma B2C com a adição da tecnologia de manufatura 3D também não parece a melhor opção para ajudar os usuários alcançarem a autonomia que estes procuram.

O casal Lim e seu *XYZ workshop*, trazem os usuários à plataforma onde os arquivos *open source* são compartilhados. Assim como outros projetos, o vestido inBloom, utiliza-se de um filamento elastômero, que continua a tratar-se de um material polimérico com toque emborrachado. Como já discutido anteriormente, o conforto do usuário, está muito relacionado à absorção e evaporação da umidade. Com isso em mente, diversas citações levantam a importância da engenharia de materiais.

Os filamentos que veem sendo produzidos pelo engenheiro de materiais Kai Parthy, mencionados no artigo de Melnikova et al (2014), parecem ser muito promissores e, estruturalmente, assemelham-se às propostas do projeto Electroloom e Fabrican, ao criar estruturas de tecidos não tecidos. Este engenheiro de materiais utiliza-se de um processo que se assemelha a um acabamento bem comum na área têxtil, a devoragem ou *devore*, com água, para criar seu material. É através da imersão em água que um dos polímeros é degradado e microporos são criados.

É interessante observar como processos têxteis tradicionais podem ser revisados e seus conceitos aplicados para o aprimoramento de impressão 3D de trajes. Historicamente, é relevante notar como o processo de evolução da indústria têxtil segue este padrão, constantemente focando em inovações incrementais.

A principal contribuição deste trabalho é trazer para o meio acadêmico, relacionando à moda, informações que já estão circulando na comunidade *maker*. Encontrar as informações corretas, em um mar de informalidade, foi o principal desafio desta dissertação.

Retomando os objetivos deste trabalho, quanto aos aspectos relevantes, esta pesquisa concluiu que existem projetos que se direcionam a aproximar-se do familiar do consumidor. Em termos de possibilidades, percebemos a extensão de coleções de moda já existentes por impressão 3D. Quanto às restrições, nota-se a manutenção do processo de compra, embalagem e envio de produtos e todo o paradigma B2C. Em termos de sustentabilidade, quando se fala de impressão 3D, associa-se a uma produção enxuta, com poucos excedentes ou retalhos de materiais, mas quando se trata da compra e envio do produto estas questões estão descoladas destes princípios e parece ainda não ser considerado neste contexto. Outras restrições relevantes foram as ergonômicas, quanto o conforto do usuário. Os principais materiais utilizados encontram muita resistência no vestir cotidiano, ou seja, não possuem as qualidades de conforto das fibras naturais mais aceitas no dia-a-dia (respirabilidade, conforto ao toque e fluidez). Foram mantidos materiais plásticos de toque emborrachado. A impressão 3D voltada para a moda ainda se atém à materiais projetados para o uso de objetos, sem uma relação de interface íntima com o corpo. A cultura *maker*, por sua vez, também se encontra engendrada no ambiente de objetos de design não ligados ao corpo.

Quanto às perspectivas futuras, o objetivo é colocar em prática o que foi aprendido ao longo deste trabalho. Realizar uma pesquisa experimental visando a impressão de uma peça de roupa para o uso cotidiano.

De acordo com o que foi levantado nesta pesquisa, o material do filamento deve assemelhar-se ao Lay Tekkks, filamento fibroso, elastômero, flexível e poroso. Ainda pensando em uma aproximação com o usuário, visando democratizar a viabilidade de impressão, realizar um estudo sobre o tamanho e volumes médios de mesas de impressão e desenvolver um design que possa ser impresso em uma única peça, como o projeto do vestido *Kinematics*.

Pensando no fator social da impressão 3D e na quebra do paradigma B2C, também faz parte desta perspectiva futura, o uso de cabeçote de extrusão duplo, possibilitando o uso de dois filamentos diferentes na mesma impressão. Com o objetivo de construir uma única peça de impressão como o vestido *Knematics*, será necessário o uso de suportes de impressão, uma vez que tratará de uma impressão em FDM e não SLS. A ideia é utilizar um filamento solúvel em água, facilitando a retirada destas estruturas.

Quanto à sustentabilidade, estes processos de degradação de polímeros devem ser analisados com rigor, observando seus resíduos e possíveis impactos ambientais. Também é relevante uma revisão sobre a reutilização de filamentos, uma vez que impressões não profissionais podem ter uma significativa taxa de falhas.

Por fim, objetivando um roteiro de desenvolvimento simples, realizar testes de flexibilização de filamentos simples, onde a peça possa sair de uma impressora 3D, passando por um ciclo de lavagem em máquina e então ser destinada ao uso.

REFERÊNCIAS

3D HUBS. **Witbox**. Disponível em: <<https://www.3dhubs.com/3d-printers/witbox>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

3D SYSTEMS. **FOC Textiles in permanent collection at MOMA**. Disponível em: <https://www.3dsystems.com/blog/foc/foc-textiles-to-permanent-collection-at-moma?utm_source=freedomofcreation.com&utm_medium=301>. Acesso em: 02 ago. 2019.

ANDERSON, C. Makers: A nova revolução industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012
Apresentação de Ana Maria Araújo Freire. Carta-prefácio de Balduino A. Andreola.
ARCONIC. 2017. Disponível em: <<https://3dprintingindustry.com/news/3d-printing-next-five-years-john-e-barnes-arconic-111035/>>. Acesso em: 02 jul. 2019.

ASHBY, Mike; JOHNSON, Kara. Materiais e Design. [S.l.]: Elsevier Ltda., 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. **CONCEITOS BÁSICOS SOBRE MATERIAIS PLÁSTICOS**. São Paulo: Associação Brasileira da Indústria do Plástico, 201?. 50 p. Disponível em: <http://file.abiplast.org.br/download/links/links%202014/materiais_plasticos_para_site_vf_2.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2019.

AVELAR, Suzana. Moda: Globalização E Novas Tecnologias. 2. ed. Rio de Janeiro: Senac, 2011. 182 p.

AZMEH, Shamel; NADVI, Khalid. Asian firms and the restructuring of global value chains. International Business Review, [s.i.], n. 23, p.708-717, 26 abr. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ibusrev.2014.03.007>>. Acesso em: 21 set. 2017.

BARNES, John E.. 3D PRINTING THE NEXT FIVE YEARS BY JOHN E. BARNES,

BLOQ, Creative. **Is this the best tool for creating digital clothing?** 2015. Disponível em: <<https://www.creativebloq.com/software/review-marvelous-designer-5-101517549>>. Acesso em: 20 abr. 2017.

BRITO, G. F. et al. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, Campina Grande, v. 2, n. 6, p.127-139, 31 set. 2011. Disponível em: <<http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/download/222/204>> Acesso: 21 nov. 2017

BRUNO, Flavio da Silveira. A quarta revolução industrial do setor têxtil e de confecção: a visão de futuro para 2030. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2016. 151 p.

CARVALHINHA, Marília Piccinini da; BERSANETI, Fernando Tobal. O Desenvolvimento de Produtos de Moda sob a Perspectiva dos Processos Organizacionais de Inovação: um estudo de caso no segmento de moda premium. **Modapalavra**, [s.l.], v. 11, n. 21, p.147-168, 23 nov. 2017. Universidade do Estado de Santa Catarina. <http://dx.doi.org/10.5965/1982615x11212018147>. Disponível em: <<http://periodicos.udesc.br/index.php/modapalavra/article/view/10189>>. Acesso em: 30 jun. 2019.

CHARLES W. Hull - 3D printing (stereolithography). [s.l.]: (4 min. e 17 s.), son., color. Epofilms, 2014. Son., color. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3uYsviZ8Cuo>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. Structuring the Development Funnel. In: WHEELWRIGHT, S. C. (Ed.). Revolutionizing Product Development: Quantum Leaps in Speed, Efficiency, and Quality. New York: Free Press, 1992

CONCEIÇÃO, Maria Eloisa de Jesus; SANTOS, Jorge Roberto Lopes dos. Remodelando o Design do Vestuário com tecnologias digitais de produção. **Triades: Transversalidades | Design | Linguagens**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p.1-16, 10 maio 2017. Disponível em: <<https://triades.emnuvens.com.br/triades/article/view/95>>. Acesso em: 17 dez. 2017.

CONTINUUM. **N12**. Disponível em: <<https://www.continuumfashion.com/N12.php>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

DIMITROV, D.; SCHREVE, K.; DE BEER, N. Advances in three dimensional printing – state of the art and future perspectives. Rapid Prototyping Journal, Stellenbosch, v. 12, n. 3, p. 12, 2006. ISSN 1355-2546.

Dul, J., Weerdmeester, B. Ergonomia prática. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2004. Rio, R. P. do, Pires, L. Ergonomia: fundamentos da prática ergonômica. 3ª ed. São Paulo: LTr, 2001.

DUTCH Profiles: Iris van Herpen. [s.i.]: Dutch Profiles, 2012. Son., color. Legendado. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=9vZktNvLCal>>. Acesso em: 18 jul. 2019.

ELECTROLOOM. **Electroloom - The World's First 3D Fabric Printer**. Disponível em: <<https://www.kickstarter.com/projects/electroloom/electroloom-the-worlds-first-3d-fabric-printer>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

ELECTROLOOM Kickstarter video. [s.i.]: Electroloom, 2015. Son., color. Legendado. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=lzHo1j_Zz7I>. Acesso em: 12 jul. 2019.

FABRICAN. **History**: Crossing Design and Science. Disponível em: <<http://www.fabrianltd.com/about/history/>>. Acesso em: 08 jul. 2019.

FIBRENAMICS (Portugal). Universidade do Minho (Org.). **Fibras Multicomponentes**. Disponível em: <<https://www.web.fibrenamics.com/pt/conhecimento/as-fibras/fibras-bicomponentes/>> Acesso em: 16 mar. 2019.

FLUSSER, Vilém. **O mundo codificado**: por uma filosofia do design e da comunicação. São Paulo: Ubu Editora, 2017. Organização de Rafael Cardoso.

FORGET Shopping. Soon You'll Download Your New Clothes | Danit Peleg | TED Talks. Nova Iorque: Ted, 2016. Son., color. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?time_continue=1&v=w1oKe8OaPbk>. Acesso em: 02 ago. 2019.

FREIRE, P. **Pedagogia da indignação**: cartas pedagógicas e outros escritos.

G. F. Brito*, P. Agrawal, E. M. Araújo, T. J. A. Mélo (Revista Eletrônica de Materiais e Processos)

GOMES, Anne Velloso Sarmento; COSTA, Ney Róblis Versiani; MOHALLEM, Nelcy della Santina. Os Tecidos e a Nanotecnologia. **Química Nova na Escola**, [s.l.], v. 34, n. 4, p.288-296, 2016. Sociedade Brasileira de Química (SBQ). <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160040>

GONÇALVES, Eliana; LOPES, Luciana Dornbusch. Ergonomia no Vestuário: Conceito de conforto como valor agregado ao produto de moda. Actas de Diseño: II Encuentro Latinoamericano de Diseño "Diseño en Palermo". Comunicaciones Académicas, Buenos Aires, v. 1, n. 2, p.145-148, ago. 2007. Anual. Disponível em: <http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/detalle_publicacion.php?id_libro=11>. Acesso em: 21 nov. 2017.

GRUNEWALD, Scott J. SEE THE INCREDIBLE 3D PRINTED TEXTILES OF BRADLEY ROTHENBERG. 2014. Disponível em: <<https://3dprintingindustry.com/news/3d-printed-textiles-bradley-rothenberg-35639/>>. Acesso em: 05 ago. 2019.

IRIS van Herpen Interview Video. [s.i.]: High Museum Of Art Atlanta, 2016. Son., color. Legendado. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZcaPhkSWkMc>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

IRIS VAN HERPEN. **CRYSTALLIZATION**. Disponível em: <<https://www.irisvanherpen.com/haute-couture/crystallization>>. Acesso em: 17 jul. 2019.

JACOBSON, Roni. THE SHATTERING TRUTH OF 3D-PRINTED CLOTHING. 2017. Disponível em: <<https://www.wired.com/2017/05/the-shattering-truth-of-3d-printed-clothing/>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

KATZ, G. Rethinking the Product Development Funnel. Visions, July 2011.

KIM, Haejung; AHN, Soo-kyoung; A FORNEY, Judith. Shifting paradigms for fashion: from total to global to smart consumer experience. Fashion And Textiles, [s.l.], v. 1, n. 1, p.1-16, 24 out. 2014. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1186/s40691-014-0015-4>.

KOSLOW, Tyler. NANO ENHANCED 3D PRINTING STRUTS THE RUNWAY AT NYFW! 2016. Disponível em: <<https://3dprintingindustry.com/news/nano-enhanced-3d-printing-struts-the-runway-at-nyfw-66749/>>. Acesso em: 09 ago. 2019.

KUHN, R.; MINUZZI, R.F. Panorama da impressão 3D no design de moda. Moda Documenta: Museu, Memória e Design, 2015

KUHN, Renato; MINUZZI, Reinilda de Fátima B.. UMA INTRODUÇÃO À IMPRESSÃO 3D NO DESIGN DE MODA. In: AS PRIMEIRAS PEÇAS E A CHEGADA ÀS PASSARELAS, 5., 2015, Novo Hamburgo. **Uma introdução à impressão 3d no design de moda: as primeiras peças e a chegada às passarelas**. Novo Hamburgo: Enpm

KULA, Daniel. **Materiologia**: o guia criativo de materiais e tecnologia. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012. 344 p.

LED AND CHIPS. **Witbox**. Disponível em: <<https://ledsandchips.com/witbox>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

Linden, 2007 (Linden, Júlio van Der. **Ergonomia e Design**: Prazer, conforto e risco no uso de produtos. Porto Alegre. Uniritter, 2007. 160p)

MATERIALISE. About Materialise. Disponível em: <<https://www.materialise.com/en>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

MATERIALIZE. **Impressão 3D na moda:** a experiência da 3D Lopes. 2018. Disponível em: <<https://materialize.3dlopes.com/impresao-3d-na-moda-a-experiencia-da-3d-lopes/>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

MCQUAID, Matilda (Org.). **Extreme Textiles:** designing for high performance. Nova Iorque: Princeton Architectural Press, 2005. 223 p.

MICHAEL PETCH. 3d Printing Industry (Ed.). **The Free Beginner's Guide.** Disponível em: <<https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide>>. Acesso em: 28 fev. 2019.

MELNIKOVA, R; A EHRMANN,; FINSTERBUSCH, K. 3D printing of textile-based structures by Fused Deposition Modelling (FDM) with different polymer materials. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, [s.l.], v. 62, p.1-7, 8 ago. 2014. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/62/1/012018>. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/264549756_3D_printing_of_textile-based_structures_by_Fused_Deposition_Modelling_FDM_with_different_polymer_materials>. Acesso em: 01 out. 2019.

MICHAEL SCHMIDT STUDIOS. **3D Printing.** Disponível em: <<http://www.michaelschmidtstudios.com/services/3d-printing>>. Acesso em: 18 jul. 2019

NATIONAL DESIGN AWARDS. MER KA BA. Disponível em: <<http://ndagallery.cooperhewitt.org/gallery/25635539/MER-KA-BA>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

NBR13377 “Medidas do corpo humano para o vestuário - Padrões referenciais”
NERVOUS SYSTEM. KINEMATICS DRESS: KINEMATICS FOLD SIMULATION. 2014. Disponível em: <<https://n-e-r-v-o-u-s.com/projects/albums/kinematics-fold/>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

Norma ASTM D6400-04. Standard Specification for Compostable Plastics
oda, 2015. p. 1 - 6. Disponível em: <<http://www.feevale.br/Comum/midias/bce55687-76fd-4bf5-812a-6d4bbe2be9e5/UMA%20INTRODU%C3%83%E2%80%A1%C3%83%C6%92O%20%C3%83%E2%82%AC%20IMPRESS%C3%83%C6%92O%203D%20NO%20DESIGN%20DE%20MODA%20AS%20PRIMEIRAS%20PE%C3%83%E2%80%A1AS%20E%20A%20CHEGADA%20%C3%83%E2%82%AC%20PASSARELAS.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

O'MAHONY, Marie. **Advanced Textiles:** for health and well-being. Nova Iorque: Thames & Hudson, 2011. 240 p.

PELEG, Danit. **Liberty Leading the People.** Disponível em: <<https://danitpeleg.com/liberty-leading-the-people-2/>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

PEZZOLO, D. B. Tecidos: tramas, tipos e usos. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007. 328 p.

ROWLEY, Aaron. Thanks and farewell. 2016. Disponível em: <<https://medium.com/electroloom-blog/thanks-and-farewell-b0c128c3043f#.c52nk8a2h>>. Acesso em: 09 nov. 2018.

SALEM, V. Tingimento Têxtil: fibras, conceitos, e tecnologias. São Paulo: Blucher, 2010. 297p.

SAMAGAIA, Rafaela; DELIZOICOV NETO, Demétrio. Educação Científica Informal na Cultura Maker. **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X Enpec**, Águas de Lindóia, nov. 2015.
São Paulo: Editora UNESP, 2000.

Scott, G. 'Green' polymers. *Polymer Degradation and Stability*. V.68, n.1, 2000

SHAPEWAYS. **Revealing Dita Von Teese in a Fully Articulated 3D Printed Gown**. 2013. Disponível em: <<https://www.shapeways.com/blog/archives/1952-Revealing-Dita-Von-Teese-in-a-Fully-Articulated-3D-Printed-Gown.html>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

Silva, André B. B. e Silva, Emerson O. **Conhecendo materiais poliméricos**, 2003. 84p. Disponível em <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/ea000223.pdf>> Acesso em: 24 fev. 2019.

SILVA, Débora Oliveira da; BAGNO, Raoni Barros; SALERNO, Mario Sergio. **Modelos para a gestão da inovação**: revisão e análise da literatura. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/2013nahead/aop_0750-12.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2019.

SOUZA, Flávio Avanci de; PACHECO, Noémia Maria Ribeiro de Almeida Carneiro. FUNCIONALIZAÇÃO DE MATERIAIS TÊXTEIS. *Ícônica*, Apucarana, v. 1, n. 2, p.177-201 jan. 2016. Disponível em: <<http://revistas.utfpr.edu.br/ap/index.php/iconica/article/view/54>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

STRATASYS Defines New Movement in 3D Printed Fashion at New York Fashion Week. [s.i.]: Stratasys, 2016. Son., color. Legendado. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=2uhR1NFbtL0>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

TAKAGAKI, Luiz Koiti . TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D . *Revista Inovação Tecnológica*, São Paulo, v. 2, n. 2, p.28-40, 20 out. 2012. Disponível em: <<http://rit.faculdadeflamingo.com.br/ojs/index.php/rit/article/view/54/71>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

The Future of Fashion. [s.i.]: I-d, 2013. (6 min. e 58 s.), son., color. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=yzKM_DXfOBA>. Acesso em: 17 ago. 2016.

THE JEWISH MUSEUM (Org.). **ThreeASFOUR: MER KA BA**. 2013. Disponível em:

<<https://thejewishmuseum.org/exhibitions/threeasfour-mer-ka-ba>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

VALLE, M. C. G.; FREITAS, T. O.; GUEDES, R. C., SILVA, I. P. Uma nova geração de fibras: um estudo sobre a busca pelo conforto e redução dos impactos ambientais. Revista Universidade Rural: Série Ciências Humanas, Seropédica, RJ: EDUR, v.26, n.1-2, p. 60-66, jan.- dez., 2004. Disponível em: <<http://www.editora.ufrj.br/rcv2/vida26-1-2/10.pdf>> Acesso em: 20 nov. 2017.

VIANA, Fausto. Figurino: você acha que Disney é coisa para criança? Reveja isso já! dObra[s], São Paulo, v. 16, n. 7, p.29-32, 2014. Semestral. Disponível em: <<https://dobras.emnuvens.com.br/dobras/article/view/26/26>>. Acesso em: 19 ago. 2016.

VIANNA, Maurício et al. Design Thinking: Inovação em negócios. Rio de Janeiro: Mjv Press, 2012. 161 p.

VILLAS, A. O mundo acabou! Rio de Janeiro: Globo, 2006. 309 p.

WOHLERS, T. Recent trends in additive manufacturing. 17th European Forum on Rapid Prototyping and Manufacturing, Paris, 12-14 junho 2012. Disponível em: <http://www.afpr.asso.fr/content/assises/2012/actes/papiers/s1_1.pdf> Acesso em: 21 nov. 2017.

WOHLERS, T. Recent trends in additive manufacturing. 17th European Forum on Rapid Prototyping and Manufacturing, Paris, 12-14 junho 2012. 6.

XYZ WORKSHOP. **InBloom Dress by XYZ Workshop**. 2014. Disponível em: <<https://www.youmagine.com/designs/inbloom-dress-by-xyz-workshop>>. Acesso em: 02 jul. 2019.