

Estudo de Impressão 3D em Materiais Têxteis

3D Printing Study in Textile Materials

WENGERKIEWICZ, Stephanie Cleto; Bacharel; Universidade Tecnológica Federal do Paraná

stephaniecleto@gmail.com

FONTANA, Isabela Mantovani; Doutora; Universidade Tecnológica Federal do Paraná

isabelafontana@utfpr.edu.br

O presente artigo tem caráter experimental unindo as áreas de design de produto e design de moda, segmentados em fabricação digital e materiais têxteis, focando, nas subáreas de impressão tridimensional e tecidos em malha. Seguindo metodologia exploratória, o objetivo principal é: Testar diferentes termoplásticos impressos sob diferentes tecidos que perante análise teriam qualidade para desenvolvimento de projetos futuros. No decorrer do texto os resultados são descritos enquanto a base teórica é apresentada. Para isto, apresenta o histórico da prototipagem rápida, seguindo pelo de produtos de moda em conjunto com a impressão 3D e, por fim, os resultados do projeto proposto. Cada etapa da produção final é descrita no documento juntamente com imagens das amostras apresentadas, comparações e sugestões no final do estudo a partir dos resultados encontrados. A resolução consiste em um mostruário final com os resultados positivos e negativos e os dados principais utilizados para o desenvolvimento do projeto.

Palavras-chave: Design; Moda; Fabricação Digital.

This article has an experimental character to unite the areas of the product design and fashion design, segmented in digital manufacture and textile materials, focusing, respectively, on sub-areas of three-dimensional printing and knitted fabrics. This text presents the historical context of rapid prototyping, following the fashion products with 3D printing and, finally, the projects produced with this manufacturing and fabrics with its production products. It proceeds to the development of tests of different thermoplastics in fabrics, allowing possibilities of joining them with the polymers and solving the problem of the present study. Each stage of the final production is described in the document along with the images of the samples presented, their comparisons and suggestions at the end of the study based on the results found. The resolution consists of final samples with the positive and negative results and their main data for the development of the project.

Keywords: Design; Fashion; Digital Manufacturing.

1. Introdução

O presente artigo pretende unir e experimentar duas áreas do design, a fabricação digital focada na impressão 3D (três dimensões) e o design de moda, especificamente em materiais têxteis. Como resultado, testes de deposição de material em amostras de tecidos para o desenvolvimento do trabalho de conclusão do curso de Bacharelado em Design.

Com as tecnologias atualizadas rapidamente e a diversidade de materiais e processos encontrados, há um interesse de exploração destes métodos cada vez maior, resultando em diferentes oportunidades de escolha de formas, efeitos e acabamentos. É exemplo o grupo de engenheiros da Rzeszow University of Technology desenvolveu um filamento para impressoras 3D em um dos seus estudos com a empresa Shapeways simulando a matéria-prima madeira e, em seguida, um produto com o mesmo. Atualmente diversos profissionais e estudiosos possuem interesses na PR, visto que há a possibilidades nunca encontradas no mercado anteriormente.

Um dos métodos utiliza, através de laser, a solidificação de um pó, o qual propiciou o desenvolvimento da primeira peça de roupa impressa nos anos 2000 e, desde então, diversas empresas vêm utilizando dos recursos que a manufatura aditiva (MA) apresenta e estudando formas e materiais diferentes. Novos projetos são criados e inovados e a designer Anouk Wipprecht é exemplo, cria peças 'inteligentes' que possuem interação entre meio ambiente e o corpo do usuário (KUHN, MINUZZI, 2015).

Atualmente já existem estudos que focam no desenvolvimento da impressão 3D dentro do design de moda, empresas que criam acessórios comercializáveis e público que as consomem, o jornal *The Economist* acredita que parte seja consequência da terceira revolução industrial (THE ECONOMIST, 2012). Produtos customizados diretamente pelo consumidor geram experiência e, compradores, se dispõem a pagar altos valores para tê-los (MIKHAILOV, 2017). A aceleração atual desses processos vem acontecendo por conta de vários motivos, como a expiração de patentes relevante, desenvolvimento do design digital e progresso em ciência dos materiais e softwares (MORAND, 2016).

Portanto, com base nas informações dispostas, a presente pesquisa pretende responder como novas tecnologias não comuns no design de moda, tal qual deposição de material fundido (FDM) em materiais têxteis, se comportam, de que modo o tecido reage à aplicação de filamentos em sua superfície?

2. Metodologia

O estudo foi feito a partir de métodos exploratórios, a fim de pesquisar, testar e conhecer possibilidades de um método ainda pouco utilizado. Inicialmente levantou-se uma pesquisa das áreas de design de moda em que a impressão 3D está inserida, conhecendo marcas, designers e processos inovadores.

Em seguida, materiais da fabricação digital foram escolhidos levando em conta as diferentes matérias-primas e temperatura de fundição. Prosseguiu-se pela predileção de um tecido para

a realização dos testes de aplicação dos materiais. Os resultados obtidos foram analisados e documentados seguindo critérios básicos e iguais a todas as amostras.

3. Resultados

O americano Charles Hull criava a primeira máquina de impressão em três dimensões. Dois anos depois este equipamento foi patenteado e chamado de estereolitografia. Inspirado nas impressoras a jato de tinta, o engenheiro resolveu desenvolver um meio rápido e eficaz de fabricar objetos tridimensionais e, logo após a patente do maquinário, Hull criou o primeiro sistema computadorizado de modelagem 3D, atendendo as necessidades das primeiras etapas do processo, 3D Innovations (2012).

Baseado nos princípios de deposição de camada sobre camada, Volpato et al. (2007) explica que a manufatura aditiva divide os processos em três blocos que são ordenados de acordo com o estado inicial da matéria-prima: líquido, sólido ou em pó. O quadro (Quadro 01) abaixo mostra esta divisão e os diferentes processamentos obtidos por cada um deles.

Quadro 01 – Classificação da prototipagem rápida baseada na matéria-prima

Baseado em líquido	Baseado em sólido	Baseado em pó
Estereolitografia	Modelagem por Fusão e Deposição	Sinterização Seletiva a Laser
Impressão a Jato de Tinta - <i>PolyJet</i>	Manufatura Laminar de Objetos	Sinterização a Laser
Impressão a Jato de Tinta - <i>InVision</i>	Tecnologia com Lâminas de Papel	Impressão Tridimensional
	Impressão a Jato de Tinta - <i>ThermoJet</i>	Fabricação da Forma Final a Laser
	Impressão a Jato de Tinta - <i>Benchtop</i>	Impressão Tridimensional - <i>ProMetal</i>

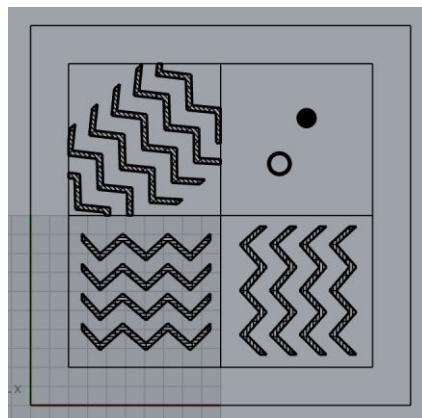
Fonte: Volpato et al. (2007)

Perepelkin (2013) conta que a primeira peça de roupa a ser fabricada apareceu nos anos 2000 por Jiri Evenhuis e Janne Kyttanen, respectivamente. A dupla produziu com a tecnologia de sinterização a laser seletivo um vestido chamado *Black Drape Dress*. Em 2010 a primeira peça inteiramente desenvolvida e impressa por SLS apareceu nas passarelas em Amsterdã através da designer Iris Van Herpen (Kuhn; Minuzzi, 2015). De acordo com Cunha (2015), na Inglaterra há uma fábrica que utiliza pistolas de pulverização para imprimir tecidos em produção em massa. A empresa Tamicare, desenvolveu uma calcinha descartável a partir da borracha de látex e fibras de algodão. Em 2015 Danit Peleg desenvolveu 5 *looks* inteiramente impressos em máquinas caseiras de deposição de material fundido. Em 2016 Lisagor publicou um estudo de impressão 3D em tule, fazendo o primeiro contato têxtil com a manufatura aditiva. Em 2016 Jess Haughton desenvolveu uma coleção de lingerie em que o elástico das peças foi substituído por filamentos de silicone.

Para a realização dos experimentos pensou-se em uma modelagem 3D que trouxesse características de um mostruário de estamparia com relevo baixo e boa adesão ao tecido, de

forma que corressem os dois sentidos do fio e a sua diagonal, averiguando se há diversificações encontradas. Por fim, sentiu-se a necessidade de adicionar um aviamento diretamente impresso sem a interferência humana após o processo da manufatura aditiva, procurando a melhor solução de adesão do produto no mostruário. Portanto, foi desenvolvida uma modelagem tridimensional que seguisse os sentidos horizontais, verticais e diagonais, separadamente, e uma amostra de aviamento, dividindo o tecido em quatro partes para análise unitária (Figura 01).

Figura 01 – Vista superior da modelagem 3D



Fonte: A autora (2017)

As modelagens 3D em ziguezague foram desenvolvidas no *software* Rhinoceros pela própria autora, enquanto o arquivo do par de encaixe foi retirado da matéria escrita no *site* Instructables por Lara Grant. Para o fatiamento da modelagem e a geração do código G utilizou-se do *software* Simplify3D, o qual realizava todo o processo de impressão. O perímetro para a montagem decorreu do tamanho das mesas de aquecimento encontradas nos laboratórios, sendo a menor com formato quadrangular de 200mmx200mm e margem de segurança de 20mm para cada lado. Ao final de cada teste a mesa necessitava ser calibrada novamente.

Durante o processo de impressão verificou-se que as modelagens de Grant não se encaixavam quando impressas em materiais mais rígidos, consequentemente foi modificado o tamanho do encaixe macho em 10% a mais que o original. Ainda assim, não houve o resultado desejado, prosseguindo os testes com a tentativa de aumento de 15% do arquivo inicial. Este, por fim, concluiu-se estar adequado para uso.

Para o estudo utilizou-se da impressora 3D por depósito de material fundido, a malha suplex fino, os filamentos Silk, PLA, ABS, PetG e flexível. Todos os casos foram estudados dentro da universidade do presente artigo. Durante o processo o suplex foi tensionado ao máximo para que o filamento utilizado pudesse adentrar entre a trama e o urdume, fixando-se bem ao tecido.

Conforme Cherem (2005), normalmente indica-se o suplex para tecidos esportivos devido a sua alta durabilidade, grande resistência, maciez, flexibilidade e o toque similar ao algodão. Conjuntamente possui vantagens aos demais tecidos sintéticos em razão do conforto, cimento, resistência e secagem levemente mais rápida.

Utilizado na cor cinza, o tecido possuía 150 cm de largura e sua composição é de 90% poliéster e 10% elastano. Com um paquímetro foi medido a espessura do tecido, sendo em torno de 0,27 milímetros.

Visando o melhor resultado de acordo com a necessidade do produto foram feitos testes com diferentes filamentos, seguido por análises e comparações que serão apresentadas adiante. São eles: Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), Poli Ácido Lático (PLA), Flexível, Politeeftalato de Polietileno Glicol (PetG) e Filamento Silk. Todos os filamentos foram amostras disponibilizadas das empresas Filamentos 3D Brasil e UP3D, selecionados de acordo com as suas diferentes características e facilidade de compra no mercado.

3.1 Filamento de Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS)

De acordo com Castanheira (2016), ABS é um dos materiais plásticos mais comuns. Feito a base de petróleo, não é biodegradável, é extremamente forte e pode ser reciclado. Possui um dos maiores graus de aquecimento no bico de extrusão, a temperatura fica em torno de 240°C. Vista a dificuldade de adesão à plataforma, há a necessidade de que durante a impressão a mesa esteja aquecida a 90°C e coberta com ABS dissolvido em acetona. Não se recomenda o uso de ventoinha, o material tende a encolher consideravelmente quando exposto a mudanças bruscas de temperatura. Durante o processo o material libera odor desagradável. Os representantes, UP3D (2016) e Filamentos 3D Brasil (2016), possuem suas especificações próprias para seus materiais, a temperatura indicada é, respectivamente, entre 220 a 250°C (apontada como melhor temperatura 230°C) e 230 a 270°C (240°C a recomendação). Sendo para a mesa entre 80 e 110°C e 110 a 120°, respectivamente. Dentre as suas usabilidades, Mich (2013) cita que podem ser encontrados em peças automotivas, tubos, utensílios de cozinha e brinquedos.

3.2 Filamento de Poli Ácido Lático (PLA)

Biodegradável, derivado de recursos renováveis como tapioca, amido de milho, batata ou açúcar, pode ser encontrado como resina ou filamento. Não possui tanta flexibilidade quanto o ABS, e, comparado com os materiais provenientes do petróleo, acabam tendo vantagens ao meio ambiente visto que a degradação acontece entre seis meses a dois anos, se transformando em substâncias inofensivas (CASTANHEIRA, 2016). Para o processo de impressão, Castanheira (2016), explica que a temperatura de extrusão varia entre 160 e 220°C, não havendo necessidade de aquecimento na plataforma de montagem, porém, ajuda a melhorar a qualidade dos objetos impressos. As empresas fornecedoras, Filamentos 3D Brasil (2016) e UP3D (2016), indicam entre 190 e 220°C, e apenas a segunda sugere valores de aquecimento da mesa (40 a 50°C), se aquecida. Castanheira ainda informa que há uma dificuldade de perda de calor, portanto o uso de ventoinha ajuda no processo de solidificação do material. O PLA libera odor adocicado quando esquentado, possui grande estabilidade

dimensional e baixa deformação. Já foi usado na medicina através de parafusos implantados que ao se degradar se transformam em ácido láctico.

3.3 Filamento de Flexível

Através do site da empresa Recreus, pioneira no filamento flexível, Steve Wood (2017) explica que o material é uma mistura de polímeros com propriedades elásticas e de alta fricção, o qual, juntamente com um colorante, transforma o produto em algo macio e maleável. Este pode ser facilmente utilizado em impressoras 3D comuns, porém é indicado tomar cuidados especiais visto que a grande elasticidade do produto tende a causar deformações, como dobras próximas as engrenagens internas da máquina. A empresa não indica seu uso para áreas médicas, mas é segura a impressão em locais fechados, visto que não produz gases tóxicos ou cheiro. Também recomenda o uso do bico extrusor na temperatura de 215 a 245°C sem necessidade de cama aquecida. A empresa fornecedora Up3D (2016) compara os produtos finais a uma borracha e indica que o filamento esteja aquecido entre 190 e 260°C, com melhor temperatura a 240°C e, se esquentada a mesa, entre 40 a 50°C. Enquanto a Filamentos 3D Brasil (2016) apenas indica que na variação de calor de 210 a 240°C o ideal estaria em 230°C, e que o alongamento deste material ultrapassa 600%. No blog da empresa Recreus são citadas diversas usabilidades, desde sapatos maleáveis, palmilhas, bolsas e até roupas.

3.4 Filamento de Politeftalato de Polietileno Glicol (PetG)

Versão modificada do tradicional plástico PET, é um material forte, durável, mais flexível que os tradicionais, reciclável e não libera odor. Castanheira (2016) cita ser um dos materiais mais fáceis de imprimir, visto que não possui problemas de adesão à mesa. A plataforma pode ser esquentada a 70°C na camada inicial e diminuída nas seguintes, enquanto a cabeça de extrusão fica aquecida ininterruptamente a 245°C com a ventoinha ligada. As indicações dos fornecedores: Filamentos 3D Brasil (2016) sugere a variação de temperatura da máquina de 210 a 270°C, explica que quanto mais baixa, mais opaco o resultado final e quanto mais alto, mais translúcido. A mesa pode estar fria ou com 60°C. Ressalta que a composição diferenciada do PET comum é a adição de um segundo glicol durante a polimerização e que possui um baixíssimo nível de encolhimento, sendo ideal para peças grandes e com necessidade de resistência. Enquanto a Up3D (2016) indica como melhor valor 240°C, podendo variar entre 220 e 260°C enquanto a plataforma se encontra com valores entre 60 e 80°C. De acordo com o site Impressão 3D Fácil (2017), é ideal para peças funcionais ou decorativas que necessitam de grande resistência como o ABS porém mais flexíveis, ou simplesmente de um material transparente.

3.5 Filamento de Silk

De acordo com a Up3D (2016), o filamento Silk tem propriedades similares ao PLA, porém é um composto de vários biopolímeros com aparência de seda que resultam em um produto com superfície sedosa e alto brilho. O fornecedor ainda cita que é um filamento fácil de imprimir e com boa tenacidade. A temperatura de impressão pode variar entre 190 e 210°C e não necessita de mesa aquecida. Durante o estudo foi constatado um comportamento único e incomum não observado nos demais: o filamento é espesso, leva um certo tempo para

solidificar e possui alto nível de retração que ao ser extrusado para fora da máquina parte do material se contrai segundos após ser expelido e em seguida se solidifica. Ou seja, enquanto os demais termoplásticos apenas são ejetados da máquina e transformados em fios de espessura fina e contínua, o silk encolhe em pequenos intervalos não solidificados formando pequenos gomos.

3.6 Testes

Iniciou-se os testes diminuindo, na impressora, o eixo z em -0,1 e forçando a adesão do filamento na amostra. Porém, seu ponto de fusão é menor que o bico extrusor e a temperatura do filamento utilizado, flexível em 230°C, queimando o tecido como observado na imagem abaixo (Figura 02).

Figura 02 – Suplex fino queimado pelo bico extrusor



Fonte: A autora (2017)

Prosseguiu-se na tentativa de elevar o eixo z em +0,3 e apenas aplicar o material sobre o tecido, não o encostando na máquina e evitando a corrosão. Dentre as opções encontradas, os primeiros testes ocorreram apenas sobrepondo a malha na mesa aquecida, fixando-a com fita adesiva. Com a trama não evidente, a superfície plana e lisa fez com que o resultado deixasse evidente a falta de qualidade na adesão do material. Nas imagens a seguir pode-se verificar que os filamentos estão soltos, não absorvendo o material. Durante as impressões e análise dos resultados, as partes dos testes abaixo foram descolando, podendo apenas verificar o resultado do filamento flexível (Figura 03), PetG (Figura 04) e Silk (Figura 05).

Figura 03 – Filamento Flexível sobre suplex fino 1



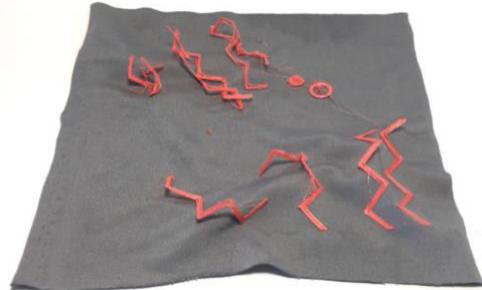
Fonte: A autora (2018)

Figura 04 – PetG sobre suplex fino 1



Fonte: A autora (2018)

Figura 05 – Silk sobre suplex fino 1



Fonte: A autora (2018)

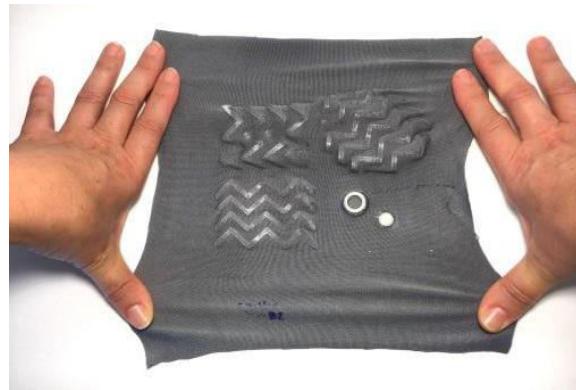
3.6.1 PetG

Com o resultado não positivo da tentativa anterior a segunda opção foi estendendo ao máximo o tecido na vertical e na horizontal, tensionando a trama e o urdume com ajuda dos grampos e eixo z positivo. Assim, durante o processo de impressão, o filamento penetraria entre os fios e solidificaria para que ao voltar o tecido ao seu formato original o material estaria fixo e condensado.

Utilizou-se o PetG (Figura 06) como filamento inicial para o último conjunto de testes, foi aquecida a mesa a 85°C, o bico extrusor a 260°C, eixo z +0,16 e altura de modelagem tridimensional em 0,3 mm. Com a facilidade do processo não foram necessárias várias tentativas até encontrar a melhor altura de z ou do zigue-zague 3D, o resultado tornou-se positivo mostrando a possibilidade de utilização do procedimento. Porém no desfecho o tecido

demonstrou um efeito não esperado e interessante (Figura 07), visto que ao voltar ao seu formato original a área impressa em pequena altura retoma junto com a malha mas a impressão continua no mesmo tamanho, deixando assim uma aplicação 3D. O tempo total do processo foi de 14 minutos.

Figura 06 – PetG em suplex



Fonte: A autora (2018)

Figura 07 – Resultado final de PetG em suplex



Fonte: A autora (2018)

Verifica-se que os volumes formados possuem diferentes consequências nos formatos desenvolvidos, na vertical o tecido forma apenas uma forma abaulada, na horizontal a enrola no sentido da trama e na diagonal no sentido transversal e vertical, deixando a horizontal mais evidente. No entanto, no botão o tecido formou um pequeno acúmulo ao redor do tecido.

3.6.2 ABS

Com o resultado positivo do material anterior o processo em ABS se desenvolveu no mesmo formato que o PetG, a mesa aquecida em 110°C, bico extrusor a 250°C, sem ventoinha ligada, como indicado pelo fornecedor, eixo z em +0,1 e modelagem 3D de 0,2 milímetros. No entanto

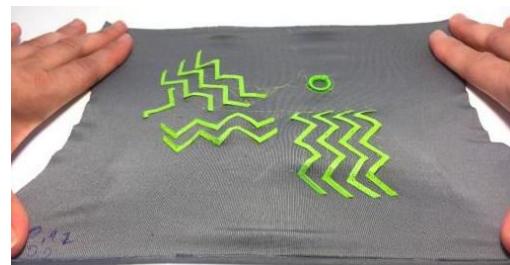
não foi obtido os mesmos efeitos (Figura 08), na primeira tentativa verificou-se que logo nas camadas iniciais a impressão descolava do tecido, soltando as partes e forçando o processo terminar antes do ideal. Observa-se no tecido que ainda há marcas de tentativa de impressão em partes que no momento já estão soltas (Figura 09).

Figura 08 – ABS em suplex 1



Fonte: A autora (2018)

Figura 09 – ABS em suplex aproximado



Fonte: A autora (2018)

Testou-se novamente o filamento ABS no suplex fino com as mesmas temperaturas anteriores por conta da recomendação do fabricante. Ainda com a mesma altura de modelagem, apenas levantando o eixo z drasticamente em +0,7 milímetros. Novamente não foi possível finalizar as impressões devido ao objetivo não atingido, visto que durante o processo ocorreram falhas no processo do botão, forçando a pausa do procedimento. Comparado ao teste com o ABS realizado anteriormente conseguiu-se um efeito mais positivo mas ainda não equivalente ao PetG (Figura 10), visto que nas pontas dos zigzagues o material começa a descolar (Figura 11). O tempo ideal de impressão era de 14 minutos.

Figura 10 – ABS em suplex 2



Fonte: A autora (2018)

Figura 11 – ABS em suplex 4



Fonte: A autora (2018)

Nas imagens anteriores verificou-se que o ABS apresenta maior rigidez no tecido em comparação ao PetG, principalmente verificando o efeito causado na impressão da diagonal.

3.6.3 Flexível

Sendo um dos materiais com mais facilidade de implementar nos processos têxteis, o teste foi iniciado aguardando resultado positivo. Utilizou-se a mesa aquecida a 60°C, o bico de extrusão a 210°C e, como indicado, a ventoinha ligada. Optou-se pela modelagem 3D de 0,2 milímetros de altura e o eixo z em 0,0 por conta da alta maleabilidade do filamento. Ao finalizar a impressão a amostra apresentava estar em boas condições (Figura 12), similar ao resultado do algodão, porém, ao retomar ao seu tamanho original obteve, mais uma vez, um resultado não esperado (Figura 13). O tecido formou efeitos ondulados nas impressões de baixa dimensões, enquanto os botões foram forçados pela trama e elevados. Observou-se que este efeito é em decorrência a fácil manipulação do filamento, a sua maleabilidade permite que o tecido tente voltar ao seu formato original. O processo durou 14 minutos.

Figura 12 – Flexível em suplex



Fonte: A autora (2018)

Figura 13 – Flexível em suplex com efeito ondulado

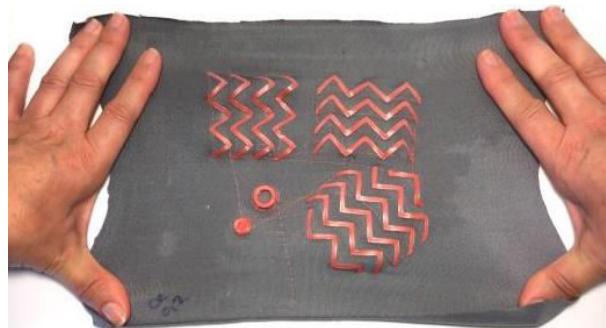


Fonte: A autora (2018)

3.6.4 Silk

Verificou-se que este termoplástico é um material mais espesso e pastoso, portanto a expectativa para o resultado era baixo, acreditava que o filamento teria um comportamento similar ao ABS. Aqueceu-se a mesa em 55°C, o bico em 210°C e com a ventoinha desligada realizaram 2 testes, ambos com altura de 0,2 mm. Para o primeiro o eixo z estava em 0,0, finalizou após 14 minutos de impressão e resultou (Figura 14) similarmente com o ABS e PetG, não tão aderente e também não tão frouxo, resultando em uma qualidade média.

Figura 14 – Silk em suplex 1



Fonte: A autora (2018)

Verifica-se que o presente termoplástico enrola mais o tecido no sentido da horizontal que os anteriores (Figura 15). Com o tempo a impressão começou a soltar nos cantos da padronagem e na base dos botões.

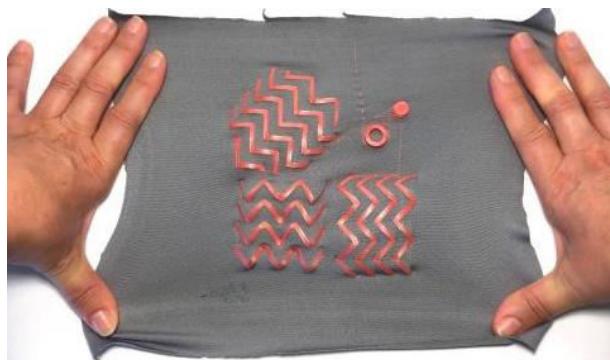
Figura 15 – Silk em suplex 2



Fonte: A autora (2018).

O segundo teste procedeu com a tentativa de forçar a adesão do filamento no tecido, diminuindo minimamente o eixo z em -0,02. Observa-se (Figura 16) que não há diferença em qualidade (Figura 17), o material não adere completamente ao tecido.

Figura 16 – Silk em suplex 3



Fonte: A autora (2018)

Figura 17 – Silk em suplex 4



Fonte: A autora (2018)

3.6.1 PLA

Foi necessário apenas uma impressão para conseguir o resultado (Figura 18). Utilizou a mesa aquecida a 55°C e o bico de extrusão a 200°C, novamente com a modelagem a 0,2 milímetros e altura do eixo z em +0,03 levou 14 minutos a impressão do modelo. Este termoplástico possui uma leve maleabilidade, portanto ao soltar o tecido da mesa verificou-se que trabalha similarmente como o PetG e o Flexível, ou seja, faz o efeito repuxado do tecido mas ao mesmo tempo tem uma leve ondulação, principalmente na impressão horizontal (Figura 19).

Figura 18 – PLA em suplex 1



Fonte: A autora (2018)

Figura 19 – PLA em suplex 2



Fonte: A autora (2018)

O objetivo do presente projeto contava apenas com os efeitos e resultados encontrados nos lados impressos do tecido, porém, desde a primeira amostra houve interesse pelo seu avesso. Todos os termoplásticos utilizados interferiram de maneiras diferentes na malha, proporcionando um segundo produto. Abaixo estão os avessos de cada um dos materiais (Figura 20) (Figura 21) (Figura 22) (Figura 23) (Figura 24).

Figura 20 – Avesso do suplex com PetG



Fonte: A autora (2018)

Figura 21 – Avesso do suplex com Silk



Fonte: A autora (2018)

Figura 22 – Avesso do suplex com filamento flexível



Fonte: A autora (2018)

Figura 23 – Avesso do suplex com Silk



Fonte: A autora (2018)

Figura 24 – Avesso do suplex com PLA



Fonte: A autora (2018)

4. Pesquisas Futuras

Durante a realização dos estudos foram observados alguns casos a serem pesquisados futuramente para melhores resultados. Considerando o interesse em realizar impressões que possuam características duráveis, seria de grande importância a reprodução de amostras idênticas para realização de testes de lavanderia, verificando durabilidade e desgaste. Seguindo os testes de secagem e passadoria de acordo com as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Dentre as possibilidades não estudadas, há filamentos como nylon, condutor, policarbonato e de madeira que podem apresentar diferentes conclusões nas mesmas amostras de tecidos do presente trabalho.

Outros estudos são de suma importância, como as demais variedades de tecidos. De início houve a realização de um teste em nylon, tecido liso, sem permeabilidade e não similar aos dos testes executados, nas poucas tentativas com os materiais ABS e PLA não se obteve o resultado esperado, ou seja, o filamento não aderiu à amostra. A estudante não prosseguiu com as tentativas de adesão modificando valores de temperaturas e demais possibilidades que poderiam ter sido executadas visto que não abordava as necessidades do presente projeto. Sendo assim, podem haver diferentes formas de imprimir com diversos resultados em composições não utilizadas.

Por fim, acredito que estudar formas geométricas e múltiplas padronagens na malha de suplex fino a fim de catalogar os efeitos pode ser de grande interesse, principalmente com os termoplásticos que apresentaram melhores resultados por serem mais líquidos, como PLA, PetG e Flexível. Para complementar, pesquisar processos que ajudem a fixar melhor o filamento dando mais tempo de vida ao produto. Recomenda-se estudar um tecido com um filamento, visto que são inúmeras as dificuldades e os resultados a serem encontrados.

5. Considerações Finais

Atualmente marcas de varejo estão oferecendo opções de produtos customizados, uma vez que o conceito ganhou popularidade (THOMAS, 2017). Mikhaïlov acredita que com o crescimento da tecnologia a personalização tende a ficar mais sofisticada e, visto que uma das

principais vantagens da impressão 3D é a customização (HAUSMAN e HORNE, 2014), a produção de artigos próprios tende a ser de mais fácil acesso.

De acordo com o objetivo do projeto,

"era interessante que existisse mais diversidade de materiais de modo a que posteriormente houvesse a possibilidade de optar por aquele que demonstrasse melhor performance, isto é, que mais se adequaria ao projeto." (CASTANHEIRA, Ana, 2016)

Porém, ainda há pesquisas a serem desenvolvidas, principalmente com formas e efeitos encontrados no atual estudo. Linhas divergentes podem causar relevos e dimensões tridimensionais podem ser formadas de acordo com a modelagem 3D definida. A escolha do tecido, do desenho tridimensional, da altura do mesmo e do filamento para impressão podem ocasionar conclusões diversificadas.

Como observado nos testes realizados, a máquina de impressão 3D deve estar devidamente calibrada, uma pequena mudança nos eixos pode modificar os dados do *software* para o tecido e trazer erros para o desenvolvimento do projeto. Deve-se observar que diferentes máquinas possuem configurações variadas, ajustes devem ser feitos de acordo com as instruções do fornecedor. A altura do eixo z influencia devido a necessidade ou não de forçar a adesão ou não do material, para isto é de suma importância o conhecimento dos tecidos, visto que os que são derivados do petróleo como poliéster, poliamida e poliuretano, quando expostos ao calor apresentam um comportamento similar ao plástico, derretem deixando uma margem rígida ao redor (Azevedo et al, 2017). Os filamentos utilizados nas diferentes malhas possuem diversas espessuras, sendo alguns facilmente aplicáveis e outros com maior dificuldade.

Sabe-se, que o produto anteriormente 2D cria relevos e formas 3D. A manipulação do tecido tridimensional não é milimetricamente possível, visto que o processo para esticar o tecido e prender na mesa de impressão é manual, ocorrendo pequenas diferenças entre uma amostra ou outra.

Conclui-se, por fim, que todo resultado, positivo ou negativo possui um desfecho favorável, ao descobrir diferentes influências dos diversos filamentos em tecidos e que há possibilidade alteração dimensional em alto nível de elastano. A autora acredita que comercialmente pode ser utilizado em produtos mais ousados e estéticamente favoráveis. Pode ser aplicado não apenas na moda, mas em decorações, objetos e acessórios.

6. Referências

3D Innovations. **Charles Hull.** 2012. Disponível em: <<https://3d-innovations.com/blog/tag/charles-hull/>> Acesso em: 05 out. 2016

AHRENS, Carlos Henrique; CARVALHO, Jonas de; FERREIRA, Cristiano Vasconcellos; PETRUSH, Günther; SANTOS, Jorge Roberto Lopes dos; SILVA, Jorge Vicente Lopes da; VOLPATO, Neri. **Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações.** 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. 244 p.

CASTANHEIRA, Ana Teresa Gaspar. **Impressão 3D de Estruturas para Isolamento Térmico.** 60 f. Tese (Mestrado) - Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, Universidade de Lisboa, 2016.

CUNHA, Renato. **Conheça a primeira calcinha descartável do mundo feita de impressão 3D.** 2015. Disponível em: <<http://www.stylourbano.com.br/conheca-a-primeira-calcinha-descartavel-do-mundo-feita-de-%E2%80%8B%E2%80%8Bimpressao-3d/>> Acesso em: 28 ago. 2017

KUHN, Renato; MINUZZI, Reinilda. **Panorama da Impressão 3D no Design de Moda.** 2015. Disponível em: <http://www.modadocumenta.com.br/anais/anais/5-Moda-Documenta-2015/02-Sessao-Tematica-Design-Moda-e-Cultura-Digital/Renato-Kuhn_ModaDocumenta2015_PANORAMA-DA-IMPRESSA_O-3D-NO-DESIGN-DE-MODA.pdf> Acesso em: 22 nov. 2015

LISAGOR, Jessica; MILLER, Andrew R.; JOHNSON, Martin; PODGURSKY, Nicklaus; HERRAN, Leigh. **System and method for 3d printing on permeable materials.** 20160185041, 31 dez. 2014, 27 ago. 2015.

MICH. **What Material Should I Use For 3D Printing?.** 2013. Disponível em: <<http://3dprintingforbeginners.com/filamentprimer/>> Acesso em: 4 out. 2017

MORAND, Pascal. **Op-Ed | What 3D Printing Means for Fashion.** 2016. Disponível em: <<https://www.businessoffashion.com/articles/opinion/3d-printing-technology-disrupt-fashion-and-luxury-pascal-morand>> Acesso em: 9 set. 2017

PELEG, Danit. **How I 3D-Printed a 5-Piece Fashion Collection at Home.** Disponível em: <<http://danitpeleg.com/3d-printing-fashion-process/>> Acesso em: 1 ago. 2015

PEREPELKIN, Paulina. **1st 3D Printed Dress Created 13 Years Ago.** 2013. Disponível em: <<http://www.additivefashion.com/1st-3d-printed-dress-created-13-years-ago/>> Acesso em: 28 nov. 2016

Recreus. **Blog.** Disponível em: <<https://recreus.com/blog/?lang=en>> Acesso em: 09 out. 2017 (B)

The Economist. **A Third Industrial Revolution.** 2012. Disponível em: <<http://www.economist.com/node/21552901>> Acesso em: 22 nov. 2016

UP3D. **Produtos.** Disponível em: <<https://www.up3d.com.br/produtos/>> Acesso em: 24 ago. 2016