



EXPERIMENTAÇÃO EM DESIGN: BIOMATERIAIS COMO UMA ALTERNATIVA PARA A MODA SUSTENTÁVEL *EXPERIMENTATION IN DESIGN: BIOMATERIAL AS AN ALTERNATIVE IN SUSTAINABLE FASHION*

DEBORA BARAUNA, Doutora em Design | UNISINOS

GIOVANNA EGGERS RENCK, Graduanda em Moda | UNISINOS

PEDRO MAROSTEGA SANTOS, Doutor em Engenharia de Alimentos | UNISINOS

VITÓRIA PARCHEN DREON TOMÉ, Bacharela em Design | ESPM-POA

RESUMO

Este artigo questiona a manufatura têxtil e propõe uma reflexão sobre a possibilidade de inovação e sustentabilidade na moda pelo design de biomateriais têxteis em alternativa ao uso excessivo de fibras sintéticas, como o poliéster. Para isto, realizaram-se práticas de experimentação em design estratégico com a produção de materiais à base de gelatina, alginato de sódio e amido de milho, fundamentadas em pesquisas bibliográficas e documentais. Ao total doze experimentos foram criados. Durante a realização destes experimentos, foi possível discutir diversas variáveis de produção, considerando desde modos de conformação e de tempos de secagem até comportamentos dos biomateriais a diversos testes e análises finais, tais como de: costura em máquina; absorção de água; aparência; características ao toque e maleabilidade. Estas não foram variáveis pré-definidas, mas sim percebidas e aprendidas com a experimentação. A partir das análises e dos testes realizados, foi possível observar que cada amostra apresentou pontos fortes e fracos. A amostra de alginato de sódio, por exemplo, demonstrou ser resistente à água. Entretanto, ao abrir as costuras feitas, os fios romperam-se. Enfim, este é um estudo que explora a criatividade e incentiva novas concepções sustentáveis na moda, que deriva de uma das indústrias mais poluentes do mundo.

PALAVRAS-CHAVE

Sustentabilidade; Inovação; Experimentação; Manufatura têxtil; Biomateriais.

ABSTRACT

This paper inquires the textile manufacturing and proposes a ponderation on the possibility of innovation and sustainability in Fashion through Textile Biomaterials Design instead of the excessive use of synthetic fibers, such as polyester. To achieve such purpose, this paper exhibits Strategic Design experimentation techniques, illustrated by the production of materials with gelatin, sodium alginate, and maize starch bases. Founded on bibliographic and documental research, twelve experiments were made. During the process (and grounded on the obtained results), several perceived variables regarding production, conformation modes and drying times were discussed relatively to the behavior of the biomaterials under various tests and final analyses, such as machine sewing, water absorption, appearance, touching characteristics and malleability. These variables were not pre-defined, but instead perceived and learnt via experimentation. From the analyses and tests applied, it was possible to observe that each sample presented strong and weak features. The sodium alginate sample, for instance, proved itself resistant to water. However, in the process of opening the sewing the yarns were torn apart. This is a study that explores the creativity and incentivizes new sustainable conceptions in Fashion, which is one of the most polluting industries in the world.

KEY WORDS

Sustainability; Innovation; Experimentation; Textile manufacturing; Biomaterials.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da moda é a segunda mais poluente do mundo, sendo ultrapassada somente pela indústria de petróleo (FRIEDMAN, 2018) que consome, globalmente, cerca de 98 milhões de toneladas de recursos naturais não renováveis por ano (MORLET, *et al.*, 2017). Grande parte desses recursos são destinados à manufatura têxtil de poliéster.

O poliéster é um material polimérico, oriundo de fonte petrolífera, que requer um intenso uso de energia para a sua produção e leva em média 400 anos para se degradar no meio ambiente, tornando-se um potencial poluidor, por exemplo, de ecossistemas marinhos devido aos microplásticos que são liberados em mares e rios (CREAGH *et al.*, 2019; FASHION REVOLUTION FOUNDATION, 2020). Conforme o 'Preferred Fiber and Materials Market Report' da Textile Exchange elaborado por Opperskalski *et al.* (2020) o poliéster foi a fibra sintética têxtil mais produzida no mundo em 2019, correspondendo a 58 milhões de toneladas de matérias-primas manufaturadas, o que equivale a 52% do total de fibras têxteis produzidas no mundo naquele ano. Tal uso intensivo de poliéster na moda ocorre devido ao bom desempenho das suas propriedades físico-químicas, mecânicas, térmicas e morfológicas (HATCH, 1993; COSTA, 2014). Uma alternativa para diminuir a utilização do poliéster na indústria da moda e, conseqüentemente, atenuar o impacto causado com o seu descarte, é o fomento ao uso de materiais poliméricos biodegradáveis, os biopolímeros.

De maneira geral, os três principais componentes dos polímeros biodegradáveis empregados na composição de biofilmes são os polissacarídeos, as proteínas e os lipídeos (CAGRI *et al.*, 2004). Segundo os autores previamente citados, alguns exemplos de polissacarídeos são os amidos, o alginato de sódio, as pectinas e os derivados da celulose; já as proteínas mais utilizadas são o colágeno, a Zeína e a caseína; e por fim, os lipídios mais comuns são os acilglicerois, as ceras e alguns ácidos graxos. Alguns ganhos socioambientais do uso desses materiais na indústria da moda são: podem reduzir o uso de energia e água em processos de manufatura têxtil; podem ajudar a mitigar as mudanças climáticas e não necessitam de químicos nocivos a saúde humana no seu processo de produção como a produção de algodão demanda, por exemplo (VARTAN, 2017).

Tendo em vista essa perspectiva, este estudo explora, experimentalmente, o desenvolvimento de biofilmes têxteis, a partir de materiais poliméricos biodegradáveis e suas variáveis de produção. Sendo objetivo do artigo questionar a manufatura têxtil, diante da experimentação em design estratégico, aprendendo e discutindo criativamente a possibilidade de inovação e sustentabilidade na moda pela concepção de biomateriais têxteis.

Segundo Lee *et al.* (2020), os biomateriais são materiais que apresentam uma associação biológica não específica, proveniente de alguma fonte orgânica, podendo ser, por exemplo, plantas, restos de alimentos, frutas, organismos naturais, etc. Os biomateriais, na perspectiva de Bell (2011), em um século de alto desenvolvimento tecnológico e concepções avançadas em materiais, são uma forte tendência, sendo cada vez mais apresentados ao mercado como uma alternativa aos materiais considerados não sustentáveis. Barauna e Razeza (2018), em uma investigação acerca das direções de PD&I - pesquisa, desenvolvimento e inovação em materiais avançados, reafirmam a colocação proposta por Bell. Os autores mencionam o design de materiais avançados, com a concepção de biomateriais, como um caminho para a sustentabilidade e inovação no século XXI em diversos setores produtivos. Nesse contexto, a experimentação em design estratégico é um tipo de pesquisa em design, de abordagem estratégica, aberta, e de caráter experimental, capaz de questionar situações variadas, tais como a sustentabilidade na moda, e resultar, além de aprendizagem, em respostas criativas e possíveis de inspirar propostas inovadoras, como a criação de novos materiais e processos na moda.

Assim, na sequência deste artigo são apresentados e discutidos diversos experimentos de biomateriais têxteis, produzidos pela abordagem da experimentação em design estratégico e associados ao conhecimento da engenharia de alimentos - uma área que engloba todos os elementos relacionados com a industrialização de alimentos, seja no desenvolvimento, na fabricação, na conservação, no armazenamento, no transporte ou na comercialização (SERENA *et al.*, 2018). São detalhadas as práticas experimentais realizadas, os materiais, os processos e as variáveis consideradas,

bem como as fontes de pesquisa utilizadas. Porém, antes são especificadas as características dos principais componentes base utilizados na concepção dos biofilmes poliméricos experimentados.

2. CARACTERÍSTICAS DE BIOFILMES POLIMÉRICOS

Três tipos de biopolímeros são normalmente usados como base na concepção de biofilmes, esses são: gelatina, alginato de sódio e amido. O Quadro 1 sintetiza as formulações de biofilmes a partir dessas bases poliméricas.

Biopolímero	Formulação de biofilmes
Gelatina	Solução aquosa e glicerol
Alginato de sódio	Solução aquosa, íons de cálcio, glicerol e aquecimento sob condições alcalinas
Amido	Solução aquosa, glicerol e aquecimento

Quadro 1: Formulação de biofilmes de gelatina, alginato e amido. Fonte: elaborado pelos autores baseado em Cagri et al., 2004.

A gelatina é um composto resultante da desnaturação do colágeno, proteína extraída do tecido conjuntivo de bovinos ou suínos (UFRGS, [2021? a]). É composta predominantemente pelos aminoácidos glicina, prolina e alanina, sendo que, a principal característica da gelatina é a capacidade de formar géis estáveis a temperatura inferior de 40°C e um empecilho do seu uso é a termoreversibilidade em temperaturas acima de 35°C, em que o filme pode acabar derretendo (UFRGS, [2021? b]).

Já o alginato de sódio, de acordo com Damodaran e Parkin (2019), é um material extraído de algas e tecnicamente um copolímero formado por unidades (monômeros) de ácidos b-D-manopiranosilurônico e b-D-gulopiranosilurônico, que podem estar em regiões homogêneas (a mesma unidade repetida) ou blocos mistos. Os autores orientam ainda que os segmentos formados somente por b-D-manopiranosilurônico são chamados de blocos M, já os segmentos formados por b-D-gulopiranosilurônico são os blocos G. E que porcentagens diferentes da quantidade de blocos G e M alteram as propriedades dos alginatos, bem como, uma maior quantidade de blocos G formam um filme mais forte. Uma propriedade interessante dos sais de cálcio dos alginatos, apontada por Damodaran e Parkin, é sua insolubilidade em água, devido às interações dos íons cálcio com os blocos G.

Por fim, o amido, polissacarídeo encontrado em grande quantidade nos vegetais, possui algumas características que o torna foco de pesquisas para a criação de biomateriais, como a sua estrutura parcialmente cristalina e a sua termoplasticidade, que quando processada na presença de calor com algum plastificante (água) forma um biofilme (MAIA, 2016). A grande maioria dos amidos é composta por dois principais polímeros - um polissacarídeo linear (amilose) e outro extremamente ramificado (amilopectina), sendo que a organização desses dois polissacarídeos nos grânulos de amido cria regiões cristalinas e não cristalinas (amorfas) em camadas alternadas (DAMODARAN; PARKIN, 2019). Para a formação do filme termoplástico o amido deve passar pelo processo de gelatinização, processo irreversível em que seus grânulos, em meio aquoso e na presença de calor, incham até o rompimento, liberando moléculas de amilose, que se solubilizam na água criando uma pasta viscoelástica, o produto final após o resfriamento é um gel rígido e firme (DAMODARAN; PARKIN; 2019). Para aumentar a maleabilidade dos filmes deve-se adicionar plastificantes, substâncias que alteram as propriedades de materiais poliméricos, os mais comuns são o glicerol e polióis como o sorbitol (FOLLMANN, 2009).

De modo geral, esses foram os três materiais biopoliméricos utilizados como base nas práticas de experimentação de biomateriais têxteis realizadas.

3. BIOMATERIAIS PELA EXPERIMENTAÇÃO EM DESIGN

A experimentação em design é um tipo de pesquisa em design que não é estritamente analítica e não impõe um rigor científico, não tem regras nem linearidade e é um processo heterogêneo (MAINSAH; MORRISON, 2013; MINEIRO, 2016). Conforme Steffen (2014), ela é a união da experimentação científica e artística. Já para Mineiro (2016), ela pode ser constituída pela sobreposição de características da experimentação científica, artística e técnica, sendo que o uso dessas diferentes perspectivas não é pré-estabelecido, mas sentido diante da situação em que está sendo trabalhada. Ainda, a experimentação em design é baseada em três principais atividades, essas são: a construção do conhecimento; os diferentes modos de investigação e a inovação metodológica (MAINSAH; MORRISON, 2013). Enfim, é um método utilizado para o desenvolvimento de novas hipóteses, para a criação de novas estratégias de design e para contribuir com o conhecimento, sendo fortemente dependente da interação e do diálogo entre disciplinas (MAINSAH; MORRISON, 2013; STEFFEN, 2014). Caracteriza-se, portanto, como um modo transdisciplinar de pensar e operar do design estratégico, sendo essa uma abordagem que visa promover a concepção de processos criativos, dialógicos e de aprendizagem social, a fim de problematizar a complexidade ecossistêmica das relações e promover direções estratégicas de inovação e sustentabilidade, resultando em novos sistemas, processos, produtos e/ou serviços.

Assim, mediante tal abordagem e perspectiva metodológica, foram realizadas pesquisas eletrônicas de fontes bibliográficas e documentais capazes de orientar e inspirar o estudo. Os principais trabalhos encontrados, que nortearam a construção dos experimentos, foram os relatórios *'Research Book Bioplastic'* de Juliette Pépin (2014), *'Recipes for Material Activism'* de Mariam Ribul (2014) e *'Bioplastic Cook Book'* de Margaret Dunne (2018), além dos materiais disponibilizados pelo curso Fabricademy, que têm como foco o desenvolvimento de novas tecnologias para a indústria têxtil a partir da transdisciplinaridade. Já a escolha dos materiais utilizados foi feita de modo a contemplar características variadas dos biopolímeros, buscando utilizar membros dos diversos grupos poliméricos mencionados anteriormente - polissacarídeos, proteínas e lipídeos. Diante desses, inicialmente, foram selecionadas 5 receitas bases envolvendo os seguintes polímeros: gelatina, alginato de sódio, amido, quitosana e ágar. No entanto, estas receitas foram previamente tensionadas quanto a algumas variáveis, tais como: a viabilidade econômica, a facilidade de obtenção do polímero, a possibilidade de manipulação caseira e o método de preparo. Isto provocou a seleção de apenas três receitas, sendo essas as de gelatina, alginato de sódio e amido. No caso foi utilizado o amido de milho. A receita de quitosana foi descartada por possuir um custo muito elevado e o ágar por apresentar características similares a gelatina, porém é de difícil obtenção na sua forma pura.

Quanto às práticas de experimentação, estas foram realizadas, inicialmente, seguindo rigorosamente as receitas base escolhidas e ocorreram durante os meses de outubro e novembro de 2020. Todos os experimentos realizados foram feitos de modo caseiro, utilizando equipamentos como fogão, liquidificador, panelas, tapetes de silicone, formas de vidro e balança de precisão de 0.1 grama. Após o aprendizado adquirido, com as 3 receitas padrão, outros ingredientes e modos de conformação foram propostos para as receitas, gerando um total de 12 amostras e práticas de experimentação (Figura 1).



Figura 1: Amostra 1 à base de gelatina. FONTE: Elaborada pelos autores (2020).

As amostras discutidas no artigo, de acordo com a imagem, são: 1 (gelatina), 3 (alginato de sódio) e 4 (amido de milho). Sendo que as demais amostras (2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12) são variações das mesmas bases com adição de fibras de manga, corantes naturais extraídos em água de molho com repolho roxo e diferentes quantidades de ingredientes. Com a amostra 3 foi possível modificar também o modo de conformação, criando fios.

Os biomateriais obtidos foram interpretados quanto as suas características ao toque (seco, úmido, com ou sem textura); passaram por análise qualitativa ou perceptível de maleabilidade (ruim, boa, muito boa); também por análise da aparência final; foram identificados quanto ao tempo de secagem; foram sentidos quanto à facilidade ou não de remoção das formas utilizadas e sofreram testes de absorção de água, sendo mergulhados em água corrente e em recipiente coberto com água por 24 horas. Ainda, os biomateriais passaram por testes de costura em máquina, feitas com linhas de espessura TEX 29 (número de gramas a cada 1000 metros de fio). É importante apontar também que para a relação de pontos rentes e distantes, levou-se em consideração a largura de ponto de 2,5 milímetros.

A seguir são descritos os resultados do estudo e promovida discussão entre a composição das receitas, as variáveis dos processos, as análises qualitativas e testagens finais sobre os biomateriais obtidos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A receita da amostra 1 (Figura 2) tem como biopolímero base a gelatina. Nela foram utilizados 240 ml de água, 48 g de gelatina em pó e 12 g de glicerina vegetal. Iniciou-se levando a água e a gelatina ao fogo médio com agitação contínua até a homogeneidade da solução, quando a glicerina foi adicionada. A mistura ficou no fogo por mais 20 minutos, fazendo uma parte da água evaporar e reduzindo o volume final. Em seguida, o produto foi despejado em uma superfície de vidro para secar em um ambiente arejado, em temperatura ambiente de 24°C graus e sem luz solar incidente. Esse processo de secagem demorou em média 5 dias. A remoção do biofilme da forma de vidro foi de certo modo dificultosa, pois a amostra grudou na superfície, dando impressão de que romperia. Mas, apesar da dificuldade inicial, obteve-se sucesso na remoção do biofilme. O resultado foi de uma amostra com uma aparência lustrosa, de ‘muito boa’ maleabilidade - podendo ser dobrada facilmente, apresentando um toque seco e com uma leve textura resultante da superfície em que este foi colocado. Para facilitar a retirada do material da superfície em que ele foi deixado para secar, sugere-se a utilização de uma base de silicone ou acrílico.



Figura 2: Amostra 1 à base de gelatina. FONTE: Elaborada pelos autores (2020).

A amostra 3 (Figura 3) tem o alginato de sódio como ingrediente base. Para a sua concepção foram utilizados 12 g de alginato de sódio, 20 g de glicerina, 400 ml de água e 10 g de óleo de girassol. Os ingredientes foram misturados em um liquidificador e a pasta resultante passou por um descanso de 24 horas para retirada do ar de dentro da amostra. Em seguida a mistura foi despejada em uma superfície de vidro e uma solução de cloreto de cálcio 100 g/l foi borrifada na superfície. Após 10 minutos o material foi lavado em água corrente e foi deixado em temperatura ambiente por 7 dias para secar e curar. Essa amostra possui um toque seco e liso, uma aparência opaca, uma maleabilidade 'muito boa', permitindo ser dobrada sem dificuldades aparentes. É importante ressaltar que as receitas feitas com alginato de sódio não vão ao fogo e existe a possibilidade de se obter diferentes conformações como resultado final, como se obteve na amostra 5 e 10, com uma variação de conformação em fio. Elas foram feitas com o mesmo biopolímero da amostra 3, entretanto, ao invés de serem despejadas em uma superfície plana, foi utilizada uma seringa para despejar o conteúdo dentro de um recipiente com a solução de cloreto de cálcio. Com essa variação de técnica, ao final, depois da cura e da secagem, foi obtido um fio de alginato de sódio.



Figura 3: Amostra 3 à base de alginato de sódio. FONTE: Elaborada pelos autores (2020).

Por fim, a amostra 4 (Figura 4) utiliza o amido de milho como biopolímero. Para essa receita, foram adicionados 96 g de água, 27 g de amido de milho, 18 g de glicerina e 8 g de vinagre em uma panela. Todos os ingredientes foram misturados até obter um líquido homogêneo, sendo só assim submetido ao fogo. Já em contato com o calor, para a mudança do estado líquido para outro mais viscoso, a mistura foi mexida por 4 minutos, sendo em seguida retirada do fogo e espalhada sobre uma forma de vidro. A amostra foi deixada para secar ao sol durante 6 horas, tempo possível devido às condições climáticas encontradas no dia da concepção dessa amostra (clima seco e temperatura média de 26°C). O resultado obtido foi um biomaterial com uma aparência sedosa, um toque molhado e pouco gelatinoso, uma textura

lisa e ‘muito boa’ maleabilidade, dobrando facilmente. O tempo de secagem dos materiais com base de amido de milho é variável e depende muito das condições climáticas, especialmente da umidade do ambiente. Apesar das variações climáticas afetarem o tempo de secagem, esta amostra possui uma versatilidade boa, sendo viável secá-la em ambientes com diferentes temperaturas e umidades. É possível que essa receita seja seca em temperatura ambiente e sem necessariamente estar ao ar livre, exposta ao sol, entretanto o tempo de secagem será prolongado.

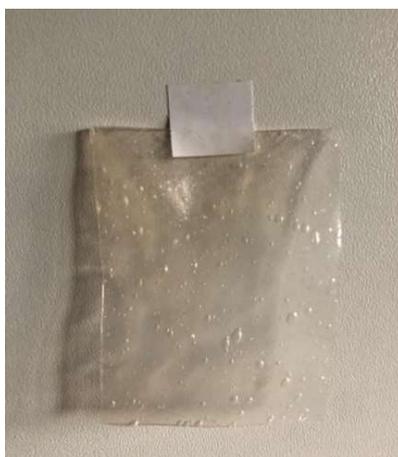


Figura 4: Amostra 4 à base de amido de milho. FONTE: Elaborada pelos autores (2020).

O Quadro 2 proporciona uma síntese comparativa e melhor visualização das variáveis observadas e testadas nas 3 amostras apresentadas. Especificamente, os testes de absorção de água e de costura são mostrados e discutidos em seguida comparando as 3 amostras.

	Amostra 1 - Gelatina	Amostra 3 - Alginato de sódio	Amostra 4 - Amido de milho
Tempo de secagem	cinco dias	sete dias	seis horas
Facilidade de remoção	com dificuldade	sem dificuldade	sem dificuldade
Aparência final	lustrosa	opaca	sedosa
Toque	seco e com textura	seco e sem textura	úmido e sem textura
Teste de maleabilidade	muito boa, sem fratura	muito boa, sem fratura	muito boa, sem fratura
Teste de absorção à água - água corrente	desintegrou	sem alteração	desintegrou
Teste de absorção à água - imersão em água	ficou mais frágil	sem alteração	ficou mais frágil
Teste de costura	se comportou bem para todos os tipos de ponto, e ao abrir a costura	se comportou bem para todos os tipos de ponto, mas rompeu ao tentar se abrir a costura	não resiste a pontos apertados ou rentes, razoavelmente resistente a abertura de costuras

Quadro 2: Resultado dos testes elaborados. Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Quanto aos testes de costura, o biomaterial de gelatina apresentou um bom comportamento, podendo ser costurado com pontos soltos, apertados, rentes ou distantes, além de resistir à abertura de costuras. O alginato de sódio também apresentou um bom comportamento nos testes de costura, contudo, não resistiu a abertura de costuras, ele se rompeu instantaneamente. A amostra à base de amido de milho não resistiu à costura com pontos apertados ou muito rentes, mas resistiu com pontos ligeiramente soltos e afastados, porém, na abertura da costura, ao colocar força, se rompeu também.

Referente à absorção de água, constatou-se que apenas o biomaterial à base de alginato de sódio é insolúvel em água, resistindo tanto à água corrente quanto à submersão em recipiente com água, sem nenhuma alteração aparente de

características físicas. Já os biomateriais de gelatina e amido de milho se desintegraram em contato com a água corrente. E quando submersos em recipientes com água, a amostra 1 inchou, o mesmo não foi observado com a amostra 4, porém, ambas se fragilizaram após 24 horas de contato com água, mas não chegaram a se desintegrar.

Ainda é pertinente apontar que existem implementações de ingredientes que podem provocar modificações específicas nos processos de concepção de biomateriais, bem como em todas as receitas pontuadas anteriormente, conferindo diferentes resultados finais. A respeito de modificações que concernem às características mecânicas do material, pode-se utilizar mais ou menos plastificante. No caso das receitas trabalhadas, foi experimentado um plastificante de glicerina. Esse ingrediente é responsável por conceber a maleabilidade ao material. Deve-se estar atento para as quantidades adicionadas do plastificante, pois, caso adicionado em excesso, faz com que o biofilme fique grudento, como foi o caso que ocorreu com a amostra 11. No outro extremo, caso seja adicionado pouco plastificante, pode ocorrer a ruptura do material após a secagem, criando fendas ao longo de sua estrutura. Isso não significa que essas variações estejam erradas, são apenas pontos relevantes de análises. Atrelado a essa variação, pode-se aumentar ou diminuir a espessura do biomaterial, pois com isso a maleabilidade também será afetada.

Além disso, é possível conceber biomateriais de diferentes colorações. Isso pode ser realizado com corantes naturais ou sintéticos, entretanto, para que haja uma coerência com a proposta que esse tipo de material e experimentação possuem, neste estudo, foram utilizados corantes naturais. Com ingredientes caseiros é possível criar diversos pigmentos, tais como: amarelo com açafrão; verde com erva mate; laranja com colorau; marrom com café ou com canela; azul com feijão; verde, roxo e rosa com repolho roxo; amarelo claro com casca de cebola; rosa com casca de beterraba ou caroço do abacate; e o roxo com vinho. O interessante dessa prática é que ela permite a utilização de resíduos alimentícios comuns. Ela também pode ser efetuada com insumos encontrados na natureza, por exemplo: hibiscos, rosas, ipê roxo, a flor *Clitoria ternatea*, urucum, anileira, pau campeche, entre outros. Para a aplicação, em particular, dessa técnica, é necessário dissolver o ingrediente em água, até cora-lá. Ao chegar na cor desejada, basta utilizar essa água corada na receita de algum biomaterial. Um ponto importante para ressaltar é que em alguns casos, como o do repolho roxo, quando há uma mudança de pH na solução, a cor se transforma. Isso pode acontecer de forma espontânea na receita, como aconteceu na amostra 6: inicialmente se tinha uma água roxa, porém essa amostra foi produzida com uma receita que continha vinagre, então, quando esse ingrediente foi adicionado causou uma mudança de pH, o que resultou em uma coloração rosa. Além de acidificar o pH de uma solução, pode-se torná-lo mais alcalino com adição de bicarbonato de sódio, o que, no caso do repolho, muda a cor para verde. Outra questão importante de frisar, é que o tingimento de biomateriais, quando efetuada considerando o modo pontuado, não necessita mordentes, como o tingimento de um tecido exige.

Enfim, a partir das práticas de experimentação realizadas foi possível explorar a criatividade com uma ampla variedade de experimentos de base natural, que podem inspirar novas concepções de biomateriais na moda, diante de uma perspectiva mais sustentável. Sobretudo, foi possível aprender sobre as diversas variáveis que podem influenciar neste processo. A implementação dos biomateriais na indústria da moda é uma alternativa sustentável às fibras sintéticas utilizadas neste setor, como o poliéster que representa mais de 50% dos têxteis usados no mundo e que são potenciais poluidores do meio ambiente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram aqui experimentadas algumas receitas caseiras de biomateriais com o objetivo de questionar o atual cenário da manufatura têxtil. Assim, foram explorados uma relação de biopolímeros existentes, formulações de biofilmes e diversas variáveis pertinentes aos processos, o que possibilitou a aprendizagem e o fomento da criatividade, competências fundamentais para promoção da inovação sustentável. Ainda se verificou que os biomateriais possibilitam a geração de um campo transdisciplinar de exploração na moda: sua produção integra diferentes áreas do conhecimento e permite colaboração entre setores produtivos.

Evidentemente, é fundamental considerar que os testes realizados são caseiros e experimentais, todavia contribuem para gerar uma reflexão sobre a importância de se fomentar estudos de PD&I em biomateriais para a sustentabilidade na moda. Neste contexto, um aspecto positivo para esse incentivo é que o uso dos biomateriais proporciona para a moda alta variedade de possibilidades de produção, como foi explorado nos testes realizados. Foi visto que, mesmo de forma caseira, é viável a criação de diferentes estéticas, sensações e texturas, por exemplo. Esse fator manifesta uma indústria mais criativa. Também é importante atentar-se aos diferentes tipos de materiais existentes para a composição de um biomaterial, bem como as suas possibilidades de conformação e ao tipo de peça em que o biomaterial será utilizado, uma vez que, como pode ser observado nos experimentos realizados, dependendo do biopolímero utilizado, as características finais podem mudar.

Sobretudo, a partir dos testes e análises realizados em relação aos biomateriais produzidos, foi possível observar que cada amostra apresentou pontos fracos e fortes. A amostra de alginato demonstrou ser resistente à água, entretanto ao abrir as costuras realizadas os fios se romperam. Porém, existem outras formas de costura que podem ser exploradas para a melhor adequação desse biomaterial à indústria da moda. Já a amostra de amido de milho não respondeu bem aos testes de costura. Ainda, as amostras de gelatina e de amido de milho se desintegraram no teste de absorção em água corrente. A amostra de gelatina apresentou dificuldades de remoção da forma na qual foi produzida, contudo, isso não afetou o resultado final. É pertinente ainda reforçar que todos os biomateriais testados demonstraram uma maleabilidade muito boa. Ao serem dobrados, voltam ao seu estado inicial sem apresentarem fraturas. Enfim, em um estudo de experimentação em design, todos estes resultados são relevantes, já que neste tipo de pesquisa não há certo ou errado. Na experimentação em design, o que não dá certo é tão significativo quanto o que é visto como um acerto. É com o erro que se aprende, é um erro que voltará a ser tensionado, fomentando mudanças de rotas e estimulando a criatividade. Por outro lado, o acerto motiva e inspira a possibilidade de alcance da hipótese levantada, tal como da concepção de biomateriais têxteis para inovação e sustentabilidade na moda.

Ainda, como última consideração, chama-se a atenção para as três principais atividades relacionadas à experimentação em design, argumentada por Mainsah e Morrison. Em relação ao desenvolvimento de novas hipóteses (1), pondera-se, cada vez mais, que as práticas de experimentação podem contribuir positivamente para a cadeia ITV, por meio da criatividade e do design de biomateriais. Quanto às novas estratégias de design (2), aponta-se para as novas direções de concepção e desenvolvimento de biomateriais, que as múltiplas variáveis levantadas permitiram tensionar. Também, já é possível encontrar algumas opções de biomateriais têxteis disponíveis no mercado, tais como o Orange Fiber, o Fuit leather Rotterdam, o Piñatex, o Malai, o Mylo, e o Reishi. Entretanto, não é fácil desenvolver e comercializar um biomaterial, devido ao tempo e investimento em PD&I que esses necessitam. Contudo, uma opção é o desenvolvimento em menor escala, potencializando um campo de customização de produtos têxteis locais, essa é uma estratégia de design que pode vir a ser explorada. Por fim, sobre a contribuição para o conhecimento (3), neste estudo, essa decorreu da aprendizagem obtida com a concepção e o desenvolvimento das práticas de experimentação, numa relação entre teoria e prática, que reverberaram na produção desse conhecimento formalizado bem como provocaram novas teorizações e experimentações que seguem em andamento, agora extrapolando o campo do ensino e alcançado o universo da pesquisa como um projeto de pesquisa apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS), agradecemos o apoio financeiro destinado via Auxílio Recém Doutor (ARD), 2021-2023.

REFERÊNCIAS

- BELL, B. **Material intelligence**: an overview of new materials for manufacturers. Canadá. PFIInnovation. 2011.
- CAGRI, A. *et al.* Antimicrobial edible films and coatings.[S. l.]: **Journal of Food Protection**, v.67, n.4, p.833-848, 2004.

- COSTA, L. **Desenvolvimento de Bioprodutos a partir da Glicerina Residual do Biodiesel**: Goma Xantana em Escala de Biorreator e Filmes Flexíveis Reforçados Com Nanowhiskers. Tese (Doutorado em Engenharia Química)– Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Ba, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/18861/1/Tese.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2021
- CREAGH, M. *et al.* **Fixing fashion**: clothing consumption and sustainability. London. Environmental Audit Committee, House of Commons. 19 Feb. 2019. Disponível em: <https://publications.parliament.uk/pa/cm201719/cmselect/cmenvaud/1952/report-summary.html>. Acesso em: 17 jun. 2021.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed 2019. 1112 p.
- DUNNE, M. **Bioplastic cook book**. Fab Lab Barcelona: FabTextiles, Julho, 2018. Disponível em https://issuu.com/nat_arc/docs/bioplastic_cook_book_3. Acesso: 08 jun. 2021.
- FASHION REVOLUTION FOUNDATION. **Como começam nossas roupas?** Saiba como o poliéster, algodão e viscose são produzidos. [S. l.] Fashion Revolution Foundation. 2020. Disponível em: <https://www.fashionrevolution.org/brazil-blog/como-comecam-nossas-roupas-saiba-como-o-poliester-algodao-e-viscose-sao-produzidos/>. Acesso em: 22 de jun. 2021.
- FOLLMANN, H. **Utilização de Derivados da glicerina na Produção de Plastificantes**. Dissertação para o programa de pós-graduação em Química, Universidade Federal do Paraná, 2009. Disponível em: https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/22384/Dissertacao_HevelineFollmann_biblioteca.pdf?sequence=1&isAlloWed=y. Acesso em: 10 jun. 2021
- FRIEDMAN, V. **The Biggest Fake News in Fashion**: Untangling the origins of a myth repeated so often that no one thought to question it. The New York Times, New York, 18 Dec. 2018. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2018/12/18/fashion/fashion-second-biggest-polluter-fake-news.html>. Acesso em: 09 jun. 2021.
- HATCH, Kathryn, L. **Textile Science**. [S. l.]: West Publishing Company; 1993. ISBN 0-314-90471-9.
- LEE, S. *et al.* **Understanding “ Bio” Material Innovations**: a primer for the fashion industry. [S. l.]: Biofabricate e Fashion for Good. Dezembro, 2020. Disponível em: <https://www.biofabricate.co/>. Acesso em: 14 jun. 2021
- MAIA, N. **Produção E Caracterização De Blendas Poliméricas Com Poli (3–Hidroxibutirato) (Phb) E Amido De Milho Para Produção De Plástico Biodegradável**. 2016. Dissertação (mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós–Graduação em Engenharia de Alimentos. Florianópolis, SC, 2016. Disponível em <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/172365>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- MAINSAH, H.; MORRISON, A. Towards a manifesto for methodological experimentation in design research. *In: NORDIC DESIGN RESEARCH CONFERENCE, 2013*, Copenhagen-Malmö. Electronic Proceedings [...]. [S. l.]: Nordes, 2013. p. 153-167. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/281714069_TOWARDS_A_MANIFESTO_FOR_METHODOLOGICAL_EXPERIMENTATION_IN_DESIGN_RESEARCH. Acesso em: 01 jun. 2021.
- MINEIRO, E. F. **Experimentação em Design como Estratégia no Cenário da Autoprodução**. Tese (doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Artes e Design. orientador: Claudio Freitas de Magalhães. 2016.
- MORLET, A. *et al.* **A new textiles economy**: redesigning fashion’s future. [S. l.]: Ellen MacArthur Foundation: 28 Nov. 2017. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/A-New-Textiles-Economy-Full-Report-Updated-1-12-17.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2021.
- OPPERSKALSKI, S. *et al.* **Preferred Fiber & Material**: Market Report 2020. [S. l.] Textile Exchange. Dec. 2020. Disponível em <https://store.textileexchange.org/product/2020-preferred-fiber-materials-report/>. Acesso em: 10 abr. 2021.
- PÉPIN, J. **Research Book Bioplastic**: experiments on bio-plasticity. [S. l.: s. n.] 14 de maio de 2014. Disponível em <https://issuu.com/juliettepepin/docs/bookletbioplastic>. Acesso: 08 jun. 2021.
- RIBUL, M. **Recipes for Material Activism**: part 1. Embodied energy series. [S. l.: s. n.] Abril, 2014. Disponível em https://issuu.com/miriamribul/docs/miriam_ribul_recipes_for_material_a. Acesso: 08 jun. 2021.
- SERENA, K. K. R. *et al.* **Desenvolvimento de folders e banners para divulgação do curso de engenharia de alimentos**. [S. l.]: Anais eletrônicos [...]. SEMEX. n. 11. 2018. Disponível em: <https://anaisonline.uems.br/index.php/semex/article/view/5452>. Acesso em: 15 jun. 2021.
- STEFFEN, D. New experimentalism in design research characteristics and interferences of experiments in science, the arts, and in design research. Lucerne University of Applied Sciences and Arts, School of Art and Design, Switzerland. **Artifact Journal of Design Practice**. v. 3, p. 1.1-1.16. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/276306171_Characteristics_and_Interferences_of_Experiments_in_Science_the_Arts_and_in_Design_Research/fulltext/55d78fc508aec156b9aa1738/Characteristics-and-Interferences-of-Experiments-in-Science-the-Arts-and-in-Design-Research.pdf. Acesso em 01 jun. 2021.
- UFRGS, a. **Produção de Gelatina**. [S. l., 2021?]. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/alimentos/disciplinas/tecnologia-de-alimentos-especiais/gelatina/producao-de-gelatina>. Acesso em: 25 jun. 2021.
- UFRGS, b. **Gelatina**. [S. l., 2021?]. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/alimentos/disciplinas/tecnologia-de-alimentos-especiais/gelatina>. Acesso em: 25 jun. 2021.
- VARTAN, S. Fashion Forward: How Three Revolutionary Fabrics Are Greening the Industry.[S. l.]: **Jstor Daily**. 19 Dec. 2017. Disponível em: <https://daily.jstor.org/fashion-forward-three-revolutionary-fabrics-greening-industry/>. Acesso em: 22 de jun. 2021.