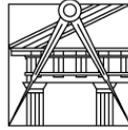




UNIVERSIDADE
DE LISBOA



FACULDADE DE ARQUITETURA
LISBON SCHOOL OF ARCHITECTURE
UNIVERSIDADE DE LISBOA

PROJETO FINAL DE MESTRADO ELABORADO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM DESIGN DE MODA

A cor nos biomateriais: uso de corantes naturais para tingir
biofilme de *kombucha*.

Mestranda: **Isabella Soares de Carvalho**

Orientadora Científica: **Carla Cristina da Costa Pereira**

JÚRI:

Presidente Doutor **Gianni Montagna**

Vogal Doutora **Carla Cristina Costa Pereira**

Vogal Doutora **Manuela Cristina Paulo Carvalho Almeida Figueiredo**

MESTRADO EM DESIGN DE MODA

DOCUMENTO DEFINITIVO

Lisboa, FA ULisboa, Julho, 2024

AGRADECIMENTO

Expresso minha gratidão às pessoas que auxiliaram na concretização desta dissertação. Minha mãe Claudia, meu irmão Pedro Rogério e meu noivo Pietro, que me dão todo o amor possível de imaginar e que me permitem realizar meus sonhos.

À professora Carla por ser uma orientadora que esteve comigo do início ao fim da trajetória desta investigação, com toda a colaboração e encorajamento cabíveis. Ao Rafael do BioLab Lisboa por disponibilizarem local e ferramentas necessários, à empresa Aquela Kombucha por disponibilizarem 20kg de biofilme já desenvolvido, e a todos citados por demonstrarem interesse e incentivo ao meu projeto.

Às minhas amigas Mariana Tabelião, Juliana Lima Ferreira, Mariana Roque, Filipa Martins e Carolina André, por me fornecerem opiniões e aconselhamentos sobre informações relacionadas a este projeto, além de tornarem todo o processo mais leve.

RESUMO

Existe o conhecimento comum do impacto negativo que a indústria da moda gera para o planeta, especialmente na fase do beneficiamento têxtil. Com isto, surge a procura por novos meios de produzir bases têxteis para o vestuário, como os biomateriais entre os quais se encontra o biofilme produzido a partir do processo de produção da bebida popularmente conhecida como *kombucha*.

Este trabalho surge com a curiosidade em experimentar quais as possíveis cores que podem ser obtidas nos biofilmes de *kombucha* a partir do uso de corantes naturais e compreender o contexto atual do uso de biomateriais por designers de moda.

O projeto expõe as experiências realizadas no laboratório do BioLab Lisboa, onde é possível ter o total controle dos experimentos. O desenvolvimento deste projeto contribui em aprimorar os conhecimentos profissionais da autora, uma vez que é necessário dominar o processo do biofilme, realizar experiências controladas, apresentar resultados, e executar peças de vestuário protótipo.

Para tal foram realizadas experiências com biofilmes reproduzidos laboratorialmente, sem serem tingidos, biofilmes tingidos no próprio processo de crescimento do material, em ambiente húmido, com elementos como o açafraão, couve roxa, beterraba, e biofilmes tingidos após a sua secagem com os mesmos elementos.

Posteriormente procedeu-se à manipulação dos biofilmes para teste de maleabilidade e costurabilidade do mesmo, de forma a perspetivar possíveis peças de vestuário.

Palavras-chave: Design de moda, Sustentabilidade, Kombucha, Corantes Naturais, Biomateriais.

ABSTRACT

It is commonly known that the fashion industry has a negative impact on the planet, especially in the process of dyeing and printing. As a result, there is a search for new ways to produce textile clothing bases, such as biomaterials, specifically the biofilm grown in the production of the drink popularly known as kombucha.

This research comes from the curiosity in experimenting what the possibilities of colors can be obtained in said kombucha biofilm using natural dyes and understanding the current context for its usage by fashion designers.

The project exposes the experiments carried out in the BioLab Lisboa laboratory, where it is possible to have total control over the experiments. The development of this project contributes to improve the author's professional knowledge, as it will be necessary to master the biofilm process, conduct controlled experiments, present results, and execute prototype clothing pieces.

To investigate this, the experiments utilized laboratory-grown biofilms in three states: undyed, dyed during the growth process, and dyed after drying with natural dyes such as saffron, red cabbage, and beetroot. Following this, the biofilms were manipulated to assess their malleability and design potential, aiming to understand and develop methods for garment construction.

Key words: Fashion design, Sustainability, Kombucha, Natural Dyes, Biomaterials.

LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

SCOBY - Symbiotic Colony of Bacteria and Yeasts: é uma cultura viva composta por bactérias e leveduras.

n.d. – No date (sem data).

s.p. – No page (sem página).

GLOSSÁRIO

Banho de corante:

Biomateriais: materiais que provêm de alguma fonte biológica (Barauna & Renck, 2021).

Biofilme: são micro-organismos incorporados em uma barreira fina e pequena de açúcares e proteínas (Natsai et al., 2019).

Celulose: (Natsai et al., 2019).

Corantes naturais: substâncias coloridas extraídas de fontes animais ou vegetais através de processos físico-químicos ou bioquímicos (Araújo, 2006).

Hidrofilicidade: tendência de aderir à água (Priyadharshini et al., 2022).

Hidrofóbico: material que não absorve água (Priyadharshini et al., 2022).

Kombucha: Chá tradicional do leste asiático fermentado por uma colônia/cultura de microrganismos conhecido como SCOBY (Priyadharshini et al., 2022).

Leite de arroz: solução feita de grãos de arroz moído em água.

Materiais biológicos: material proveniente de organismos vivos, como plantas, animais e microorganismos (Barauna & Renck, 2021).

Microfibrilas: componente da matriz extracelular formada pelo conjunto de micelas que são formadas por moléculas de celulose (Priyadharshini et al., 2022).

Moulage/Draping: modelagem tridimensional, é uma modelagem feita sobre um corpo com volumes (Pezzolo, 2021).

pH: escala de forma numérica de 0 a 14 usada para especificar acidez ou basicidade de soluções onde o solvente é água, ou seja, aquosa. Quanto menor o número, mais ácido, e quanto maior, mais básico (Constant et al., 2002).

pH ácido: solução com números de pH inferiores a 7 (Constant et al., 2002).

pH neutro: solução com números de pH entre 7,5 a 8,5 (Constant et al., 2002).

Sacarose: é a condensação da glicose e da frutose em um composto, conhecido como açúcar (Priyadharshini et al., 2022).

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTO	III
RESUMO	V
ABSTRACT	VII
LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS	IX
GLOSSÁRIO	XI
ÍNDICE GERAL	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIV
ÍNDICE DE TABELAS	XVI
1. Introdução	1
1.1. Tópico Investigativo	1
1.2. Problematização	1
1.3. Questões de partida	2
1.4. Argumento	2
1.5. Objetivos	2
1.6. Desenho de Investigação	3
1.6.1. Organograma	4
1.7. Organização do documento	5
2. Estado da arte	6
2.1 Biofilme de <i>Kombucha</i>	8
2.2 Corantes naturais	12
2.3 Processo de design	16
2.4 Bio Leather	18
2.4.1 Lorena Trebbi	19
2.4.2 Lionne van Deursen	21
2.4.3 Alessia Pasquini	22
2.4.4 Surzhana Radnaeva	23
2.4.5 Emma van der Leest	24
2.4.6 Moya Hoke	25
2.4.7 Ivan Hunga Garcia	25
3. Desenvolvimento do trabalho prático	27
3.1 Experiências	27
3.1.1 Testes de crescimento do biofilme	28
3.1.2 Testes grupo A: Introdução do corante no processo de crescimento à procura do Magenta e Azul	33

3.1.3 Testes grupo B: Introdução do corante no processo de crescimento à procura do Azul, Amarelo e Magenta.....	39
3.1.4 Testes grupo C: Tingimento do biofilme já desenvolvido húmido à procura de todas as cores.....	42
3.1.5 Testes grupo D: Introdução do corante no processo de crescimento à procura do Amarelo e Tons Neutros.....	43
3.1.6 Testes grupo E: Tingimento do biofilme já desenvolvido húmido à procura de Amarelo e Tons Neutros.....	44
3.1.7 Testes grupo F: Tingimento do biofilme já desenvolvido seco à procura de todas as cores.....	45
3.1.8 Testes grupo G: Explorações de forma e textura.....	47
3.2 Design com o biofilme.....	49
3.2.1 Conceito das propostas de vestimentas.....	49
3.2.2 Matérias-primas.....	50
3.2.3 Esboços de ideias.....	51
3.2.4 Prototipagem.....	52
3.2.5 Teste de usabilidade.....	54
4. Resultados e conclusões.....	55
4.1 Resultados das experiências.....	55
4.1.1 Tingimento no crescimento do biofilme.....	55
4.1.2 Tingimento antes de secar biofilme.....	57
4.1.3 Tingimento após secar biofilmes.....	58
4.2 Conclusões.....	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
Bibliografia.....	66
APÊNDICES.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Desenho de investigação.....	4
Figura 2- Diagrama de áreas de investigação.....	6
Figura 3 - Experimento BioCouture (Abreu & Nóbrega, 2017, s.p.).....	7
Figura 4 - Experimentos BioDesign (Abreu, 2015, s.p.).....	7
Figura 5 - Grow fabric in your kitchen (Grushkin, 2015, s.p.).....	9
Figura 6 - Casaco Ganni em parceria com Polybion (Dragonné, 2023, s.p.).....	11
Figura 7 - Teste de cores (Cole, 2019).....	13
Figura 8 - Dyeing Kombucha (JM, 2016, s.p.).....	14
Figura 9 - Kombucha fabric (Andreablum, n.d., s.p.).....	14
Figura 10 – Processo de criação de moda (adaptado de Sanches, 2008).....	16

Figura 11 - O ciclo da moda (adaptado de Jones, 2005)	17
Figura 12 - Testes de processo (Trebbi, n.d., s.p.).....	19
Figura 13 - Testes de textura (Trebbi, n.d., s.p.)	20
Figura 14 - Biofilme estampado (Trebbi, n.d., s.p.).....	20
Figura 15 - Embalagens de biofilme (Trebbi, n.d., s.p.).....	20
Figura 16 - Amostras Biotic, texturas e cores (van Deursen, s.d., s.p.).....	21
Figura 17 - Bolsas de kombucha (van Deursen, s.d., s.p.).....	22
Figura 18 - KLEIS II (Pasquini, 2023, s.p.).....	23
Figura 19 - Projeto ReGrow de Surzhana Radnaeva, Benjamin Denjean e thr34d, em 2018 (Radvaeva, 2022, s.p.)	23
Figura 20 - Bolsa BioCouture (van der Leest, 2014).....	24
Figura 21 - Bolsa estilo clutch BioCouture (van der Leest, 2014).....	24
Figura 22 - Cellulose Suit (Hoke, 2017, s.p.).....	25
Figura 23 - Look 3, SS24 (Garcia, 2023, s.p.)	26
Figura 24 - Semana 01, fora do laboratório, em casa: higienização dos recipientes e registo dos primeiros filamentos a se formarem.....	29
Figura 25 - Semana 1, BioLab Lisboa: formação dos primeiros filamentos e testes de pH.	30
Figura 26 - Semana 2, fora do laboratório, em casa: avanço da formação do biofilme.	30
Figura 27 - Semana 2, BioLab: avanço da formação do biofilme.	31
Figura 28 - Semana 3, BioLab Lisboa: avanço da formação do biofilme e registo da retirada do SCOBY de um dos recipientes para o grupo de testes A.....	31
Figura 29 - Semana 4, fora do laboratório, em casa: avanço da formação do biofilme e teste de crescimento em recipiente maior.	32
Figura 30 - Semana 4, BioLab: avanço da formação dos biofilmes.....	32
Figura 31 - Semana 5, BioLab: avanço da formação dos biofilmes.....	33
Figura 32 – Semana 5, fora do laboratório, em casa: avanço da formação dos biofilmes e propagação para mais recipientes.	33
Figura 33 - Corante natural couve roxa.....	34
Figura 34 - Corante natural beterraba	35
Figura 35 - Semana 1, grupo de teste A: recipiente com leite de arroz, beterraba, couve roxa pH ácido e couve roxa pH neutro.....	36
Figura 36 - Semana 2, grupo de teste A: avanço do desenvolvimento dos biofilmes.	37
Figura 37 - Semana 3, grupo de teste A: avanço do desenvolvimento dos biofilmes.	37
Figura 38 - Semana 3, grupo de teste A, corante de beterraba: biofilme irregular.....	38
Figura 39 - Secagem amostra beterraba, grupo de teste A: retirada e secagem do biofilme irregular.....	38
Figura 40 - Semana 4, grupo de teste A: avanço dos biofilmes, exceto o com corante de beterraba.....	38
Figura 41 – Semana 1, grupo de teste B: recipiente com corantes de índigo, açafrão e beterraba.....	40
Figura 42 - Semana 2, grupo de teste B: avanço do desenvolvimento dos biofilmes.	40
Figura 43 - Semana 3, grupo de teste B: avanço do desenvolvimento dos biofilmes.	40
Figura 44 - Semana 4, grupo de teste B: avanço do desenvolvimento dos biofilmes, agora cobertos com tecido.....	41
Figura 45 - Testes de beterrada, grupo B: resultado do biofilme do novo teste e resultado do biofilme do teste anterior (A).....	41
Figura 46 - Semana 1, grupo de teste C: banhos dos corantes de açafrão, índigo, couve roxa de pH neutro, couve roxa de pH ácido e beterraba.....	42

Figura 47 - Amostras grupo de teste C: resultados após 3 dias de banho e após 7 dias de banho.	42
Figura 48 - Corante de cebola e carvão natural ativado	43
Figura 49 - Semana 1, grupo de teste D	44
Figura 50 - Semana 1, grupo de teste E: biofilme húmido submerso em banhos de sumo de limão, carvão natural ativado e casca de cebola.	45
Figura 51 - Amostras grupo de teste E: resultados dos biofilmes após três dias submersos em banho e após sete dias em banho.	45
Figura 52 - Semana 1, grupo de teste F: biofilme seco e biofilmes secos submersos em banhos de leite de arroz, beterraba, couve roxa de pH ácido, couve roxa de pH neutro, açafraão, índigo, sumo de limão, casca de cebola e carvão natural ativado.	46
Figura 53 - Amostras grupo de teste F: biofilmes após retirar do banho e depois de secos.	46
Figura 54 - Teste de moldação em modelagem, grupo de teste G	47
Figura 55 - Diferentes chás, grupo de teste G	48
Figura 56 - Diferentes texturas, grupo de teste G	48
Figura 57 - Diferentes acabamentos, grupo de teste G	48
Figura 58 - Teste de resistência à água	49
Figura 59 - Moodboard conceito HEMATO	50
Figura 60 - Processo de design: construção dos protótipos	51
Figura 61 - Esboços	52
Figura 62 - Peça protótipo coleção Hemato, ref 001.	53
Figura 63 - Peça protótipo coleção Hemato, ref 002.	53
Figura 64 - Peça protótipo coleção Hemato, ref 003.	53
Figura 65 - Peça protótipo coleção Hemato, ref 004.	53

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Aspeto do teste de usabilidade.	54
Tabela 2 - Corante no crescimento do biofilme.	56
Tabela 3 - Alvejante no crescimento do biofilme.	56
Tabela 4 - Corante antes de secar biofilme.	58
Tabela 5 - Alvejante antes de secar biofilme.	58
Tabela 6 - Corante após secar biofilme.	59
Tabela 7 - Alvejante após secar biofilme.	60

1. Introdução

O presente trabalho de investigação está dividido em secções que englobam todo o processo de análise e desenvolvimento da mesma, desde os motivos aos benefícios do trabalho realizado. Cada etapa é importante para construir uma dissertação que justifica os estudos praticados no decorrer da formação académica em design de moda.

O meio escolhido para desenvolver esta investigação foi o formato de Projeto Final, com o intuito de obter resultados práticos provenientes de testes realizados em ambiente laboral.

1.1. Tópico Investigativo

Inúmeros autores, como Azevedo (2010), Morais (2013), Barauna & Renck (2021), Duarte (2021) e de Abreu (2016), descrevem em seus trabalhos sobre o grande impacto que a indústria têxtil possui, sendo uma das mais poluentes do mundo. “A indústria têxtil possui um dos processos de maior geração de poluentes, contribuindo quantitativa e qualitativamente com carga poluidora depositada no meio ambiente” (Azevedo, 2010, s.p.). Este cenário não é novo, contudo ainda são descartados no processo de fabricação e tingimento têxtil componentes químicos que comprometem a integridade da natureza, sendo ainda poucas as alternativas exploradas para resolver a demanda que os designers e os consumidores de moda criam (Raspanti, 2020).

O tópico investigativo da presente dissertação baseia-se na compreensão e contribuição dos avanços dos biomateriais voltados para a indústria da moda. Estudos atuais, como os de Nguyen et al. (2021), Santos et al. (2019), Primiani et al. (2018) e Freeman et al. (2016), comprovam a grande possibilidade de amenizar os seus impactos ambientais por meio do uso materiais biológicos, contudo, ainda há poucos estudos que exploram suas possibilidades de utilização e diversidade voltados para o vestuário. Portanto, vê-se necessário experimentar as possíveis cores que podem ser obtidas a partir corantes naturais em biomateriais específicos, tais como o biofilme de celulose produzido no processo da *kombucha*. Além disso, validar seu uso no processo criativo de vestuário é relevante para a conceção de processos alternativos aos já existentes. Este trabalho torna-se significativo para futuras pesquisas em ciência de materiais sustentáveis e enfatiza a importância de equilibrar fatores estéticos, funcionais e ambientais no design circular.

1.2. Problematização

Houve na última década um grande avanço nas pesquisas com biomateriais associados à moda, muitos deles com foco em inovação e práticas mais sustentáveis, uma vez que

biomateriais provêm de material orgânico de fácil decomposição. No entanto, ainda pouco se analisa a aceitação destes processos na indústria. Um dos possíveis motivos para esta questão é a falta de apresentação de diferentes possibilidades de cores e texturas, além da falta de divulgação dos processos, bem como o processo de escalonamento da produção. Trabalhos como os de Nguyen et al. (2021) e Santos et al. (2019) exploram a resistência do biofilme, seus aspectos produtivos e possibilidades de uso, contudo não é voltado para a versatilidade estética que, na indústria da moda em específico, tem grande importância, conforme Plácida (2013).

1.3. Questões de partida

O presente estudo pretende esclarecer as seguintes questões ao longo de seu desenvolvimento:

- Qual o processo para tingir o biofilme de *kombucha* com o uso de corantes naturais?
- Como podemos criar uma peça de vestuário colorida a partir do biofilme de *kombucha*?

1.4. Argumento

É de extrema importância coletar e compartilhar conhecimento a respeito de materiais alternativos aos convencionais usados na indústria da moda que, até o momento, ainda apresentam malefícios na sua produção, uso e descarte.

Portanto, para colaborar na expansão do conhecimento a respeito de biomateriais propõe-se uma investigação ativa em formato de projeto final para experimentar a reação do biofilme de *kombucha* aos diferentes tipos de corantes naturais e explorar os dados resultados no desenvolvimento de vestuário.

1.5. Objetivos

Objetivo Geral

Este projeto final tem como objetivo geral realizar experimentos que combinem o biofilme de *kombucha* ao tingimento realizado com corantes naturais, originando um material diferenciado que pode ser usado para a criação de vestuário.

Objetivos Específicos

- Revisar literatura;
- Dominar o processo da produção de biofilme de *kombucha*;
- Realizar experimentos controlados com corantes naturais aplicados ao biofilme de *kombucha*;
- Selecionar resultados dos experimentos que sejam satisfatórios;
- Elaborar um livro de receitas a partir dos experimentos satisfatórios;
- Desenhar e produzir peças de vestuário que utilize o biofilme de *kombucha* e cores dos experimentos;
- Validar os resultados coletados com o auxílio dos protótipos desenvolvidos e testes de usabilidade da peça;

1.6. Desenho de Investigação

O presente estudo se divide em três etapas: exploratória, generativa e avaliativa. Dentro de cada etapa foram adotados diferentes métodos em busca de um resultado satisfatório, a partir dos métodos elencados no livro "Universal Methods of Design" dos autores Martin & Hanington (2012).

A etapa exploratória pretende aperfeiçoar o tema por meio de revisão de literatura que compila e analisa informações de trabalhos disponíveis por diversos meios. Além disso, por meio deste método é que se estabelece o melhor meio para realizar as atividades das fases posteriores.

A seguir, na fase generativa procura-se a geração de novas informações e as metodologias utilizadas são a da experimentação. De acordo com Martin & Hanington (2012), experimentos proporcionam contato direto a fim de coletar informações relevantes a partir de uma possibilidade inicial que, neste caso, será a de colorir o biofilme com corantes naturais. Após as experiências é preciso haver uma avaliação dos resultados e uma catalogação que será feita no formato de um livro de receitas, para que os resultados possam ser repetidos futuramente por outros designers ou pesquisadores.

Já a prototipagem que, segundo Martin & Hanington (2012), consiste na criação de artefactos tangíveis para testes de ideias dentro do design, segue as etapas de criação em design de moda: esboços, peças pilotos e peças finais.

Por fim, na fase avaliativa, serão feitos testes de usabilidade para focar na relação das peças e das pessoas, de forma a perceber o conforto e o caimento da peça vestida.

A conclusão do estudo consiste em avaliar se os objetivos pré-estabelecidos foram alcançados e traçar uma relação entre o que foi obtido e o que se pretendia obter, portanto, se o argumento proposto foi validado ou não.

1.7. Organização do documento

Este documento está organizado de forma a apresentar da melhor maneira as metodologias exploradas. Primeiramente, no Capítulo 2 apresenta-se no Estado da Arte os dados mais relevantes coletados na revisão de literatura, seguindo com os relatos dos experimentos, prototipagem e teste de usabilidade no Capítulo 3. Já no Capítulo 4 encontram-se a compilação dos resultados das experiências e as conclusões.

2. Estado da arte

O diagrama (Figura 2) posiciona as áreas de estudo que englobam a temática do presente estudo. A partir dele, foi feita uma revisão de literatura com o intuito de analisar as informações e fornecer fundamento teórico para as etapas futuras do processo.

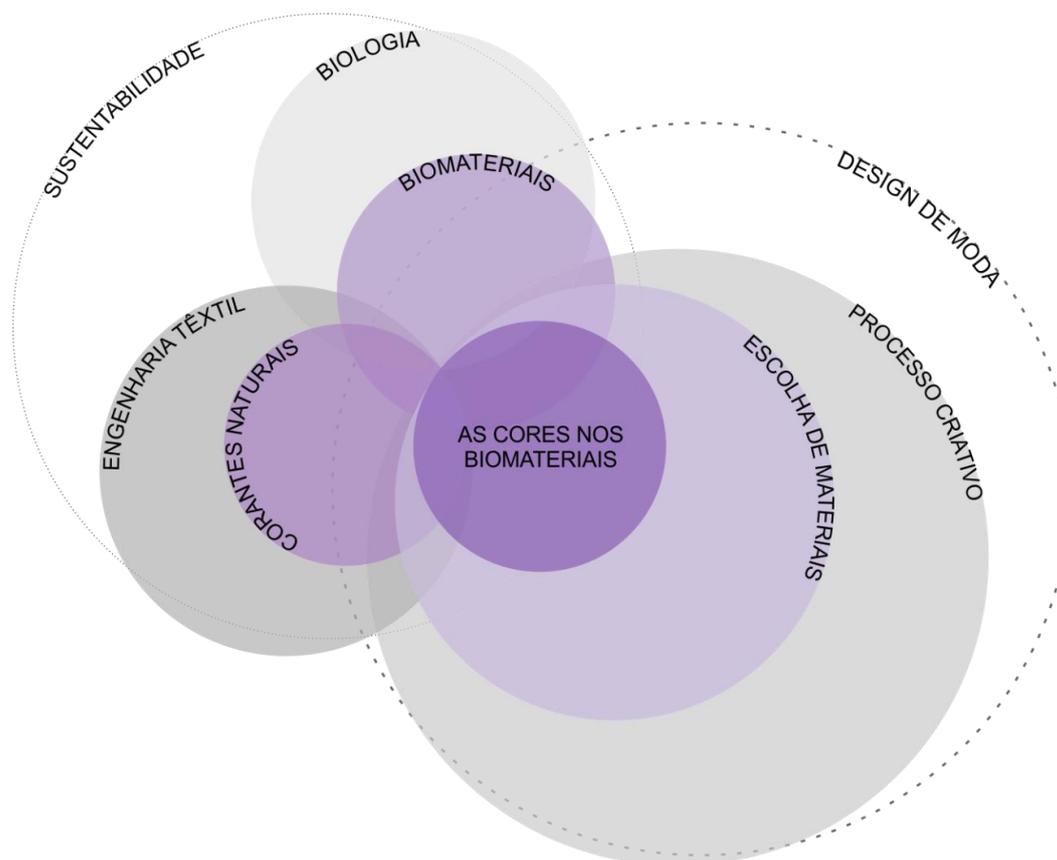


Figura 2- Diagrama de áreas de investigação.

A indústria da moda é uma das mais poluentes por gerar em seus processos uma grande quantidade de resíduos, sendo o beneficiamento secundário do tecido uma das fases que mais contribuem para essa avaliação (Sousa, 2019). Caracteriza-se como beneficiamento secundário o processo de coloração do tecido, que pode ser realizado tanto no tingimento quanto na estamparia (Juliano, 2009). Pensando em uma forma de reduzir os resíduos, surge a possibilidade de utilizar materiais biológicos e corantes oriundos de elementos naturais.

Pires et al. (2015) afirmam que existe um aumento significativo em pesquisas e uso de biomateriais nas últimas décadas, destacando-se por seu impacto futuro na melhoria da qualidade de vida. Há diferentes formas de caracterizar o que é um material biológico por diferentes autores, entretanto para a investigação em questão usa-se a definição usada por Barauna & Renck, (2021, p. 193) onde “biomaterial é o termo usado para

denominar materiais que tem uma associação biológica não específica, ou seja, são materiais que provêm de alguma fonte biológica”. Optou-se por utilizar a definição estabelecida por estes autores pois são alguns dos poucos que exploram o processo de *kombucha* voltado à moda, e não apenas no campo das ciências.

Como uma área multidisciplinar, o design tem unido forças com pesquisas na área da biologia a fim de encontrar novos caminhos e resultados. De Abreu (2016) ressalta a existência da procura, da parte dos designers pelos sistemas naturais, de forma a conceber um desempenho mais ecológico. O autor relembra que esta relação não é nova, mas sim algo relatado desde o renascimento. Contudo, na última década encontra-se muitas pesquisas relacionando esta interação com processos da moda, Figura 3 e Figura 4 (Abreu & Nóbrega, 2017).



Figura 3 - Experimento BioCouture (Abreu & Nóbrega, 2017, s.p.)



Figura 4 - Experimentos BioDesign (Abreu, 2015, s.p.)

Na contemporaneidade, há três distintas áreas que unem a biologia ao design: *Cradle to Cradle* de William McDonough em 2002; Biomimética explorada por Janine Benyus em 1997; e o Biodesign, tendo como principal fonte os estudos de William Myers a partir de 2012. De acordo com Myers & Antonelli (2018), biodesign se diferencia dos outros por referenciar estudos específicos com interação de seres vivos ao design, e não apenas sua inclusão na natureza ou a observação da mesma.

Portanto, biodesign é a interação do design com sistemas biológicos para atingir uma melhor performance ecológica, esta área incorpora organismos vivos no design (Myers & Antonelli, 2018).

Suzanne Lee é uma das designers pioneiras na utilização do biofilme de *kombucha* para a construção de vestuário e atualmente lidera a plataforma de consultoria sobre “*Grown material e Bio innovation*”, a Biofabricate. Na Figura 3 temos um de seus protótipos onde ela utilizou frutas e vegetais para manchar o biofilme de forma a formar um padrão (Lee, 2011).

Pode-se diferenciar os biomateriais voltados para o vestuário como materiais que provêm de matéria orgânica, sendo estes divididos em *crafted* e *grown* (Scarpitti & Valsecchi, 2023; Raspanti, 2019). Os *crafted*s são materiais desenvolvidos em

laboratórios resultantes de uma junção de componentes para não putrificarem. Como, por exemplo, temos as peles derivadas das frutas ou de peixes. Já os biomateriais *grown*s se desenvolvem no decorrer de um determinado período, sendo necessário intervenção para seu aprimoramento. Scarpitti & Valsecchi (2023) afirmam que, apesar de diferentes origens dos materiais orgânicos, o processo para obter o biomaterial os divide. Temos como exemplos a seda de aranha, os couros de laboratórios e o biofilme de *kombucha* (Barauna & Renck, 2021; Raspanti, 2019).

O uso do biofilme no vestuário não surgiu com o intuito de ser uma alternativa mais sustentável, como Lee afirma na publicação de Natsai et al. (2019), mas sim como a resposta a uma dúvida sobre a possibilidade de utilizar as fibras criadas por microrganismos para desenvolver um produto. Seu processo requer pouca energia e é possível não gerar desperdício, entre outros benefícios que colaboram para uma produção mais sustentável (Natsai et al., 2019).

Em relação aos corantes, de acordo com Santos et al. (2019), o biofilme pode ser tingido com corantes próprios para materiais à base de celulose, como o algodão. Porém, na procura de uma alternativa totalmente biodegradável e na tentativa de não afetar o SCOBY e seu processo de fermentação, há como opção utilizar corantes de origens naturais (Santos, 2016; Dean, 2010).

2.1 Biofilme de *Kombucha*

A partir da ideia de que a natureza é a melhor designer surge a ideia de usar a mesma bactéria e levedura utilizadas na produção da bebida *kombucha* para fazer um material que seria usado em vestuário. O SCOBY, como é chamada essa cultura de bactérias e leveduras, possui aparência gelatinosa, mas Lee descobriu que a secagem deste material apresenta características de resistência superiores aos tecidos comuns. Além disso, ela descobriu outros pontos fortes: o material é capaz de ser moldado em manequim na fase molhada, absorve corantes naturais com maior solidez do que tecidos comuns, utiliza pouca energia e água, além de poder ser descartado para decomposição rápida após o fim de sua vida útil (Lee, 2011; Grushkin, 2015).

As espécies predominantes presentes no SCOBY são membros das bactérias de ácido acético (*Komagataeibacter xylinus*, *K. intermedius*, *Acetobacter acetii*, *A. pasteurianus*, e *Gluconobacter oxydans*, *Gluconacetobacter xylinus*, *Komagataeibacter hansenii* e *Komagataeibacter kombuchae*) e bactérias do ácido láctico (*Lactobacillus*, *Zygosaccharomyces Bailli* e *Lactococcus*). Cada colônia pode ser diferente, o que resultará características diferentes ao biofilme final (Priyadharshini et al., 2022; Hildebrandt et al., 2021; van der Leest, 2014).

O processo da *kombucha* consiste em alimentar o SCOBY para transformarem celulose em um biofilme nanoestruturado, que pode crescer de acordo com o tamanho do recipiente onde é colocado. Depois, é retirado e seco. Santos et al. (2019, p. 13) afirmam

que “várias formas de secagem e coloração resultam em uma variedade de características, que podem ser exploradas e usadas no design e produção de roupas, bolsas e acessórios”. Estes passos são descritos e ilustrados na Figura 5.

Grow Fabric in Your Kitchen

The microbes used to brew the drink kombucha can also produce a strong, leathery cloth—no cow required. Use Suzanne Lee’s recipe to make your own.

Materials:



200 milliliters of organic cider vinegar

200 grams of granulated sugar

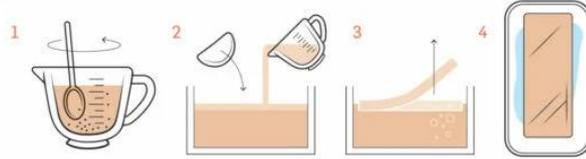
1 live kombucha culture

2 green tea bags

Directions:

1. Brew the liquid: Boil 2 liters of water, and steep the tea for 15 minutes. Remove the tea bags and add the sugar, stirring until it’s dissolved.
2. Prep the culture: Make sure the liquid is cooler than 86°F, and then pour it into your container. Add the cider vinegar and the kombucha culture. Cover the container with a cloth.
3. Harvest the mat: While it grows, the mixture should be kept at room temperature. First, the culture will sink to the bottom. You’ll know fer-

mentation has begun when bubbles and a transparent skin start to form at the surface. Over time, the culture will rise to the surface and accumulate in a thick layer. Once the mat reaches 2 centimeters in thickness (around three to four weeks), take it out of the container and gently wash it with cold, soapy water.
4. Dry the material out: Spread the sheet flat on a wooden surface. When it no longer feels wet, you can cut and sew it like any other fabric.



NOTE: This recipe will produce a piece of microbial leather as large as 7 x 6 inches, and it will take the shape of the container you put it in. To grow a larger or smaller sheet, adjust the proportions accordingly.

Figura 5 - Grow fabric in your kitchen (Grushkin, 2015, s.p.)

Existem diversos fatores, além das espécies presentes no SCOBY, que podem influenciar no sucesso e velocidade do processo de desenvolvimento e o tornam, portanto, extremamente complicado (Priyadharshini et al., 2022). Além disso, um processo de fermentação acelerado pode prejudicar a forma como os nanofilamentos de celulose são desenvolvidos e afetar a textura e a resistência do biofilme final (Trebbi, n.d.).

O biofilme feito de celulose possui características semelhantes ao couro quando seco e se comporta em algumas ocasiões como fibras naturais de celulose. Na natureza, a celulose é o polímero mais encontrado obtido de várias fontes, sendo o principal componente da parede celular vegetal. Em específico a celulose bacteriana possui características superiores como alta pureza química, alta capacidade de retenção de água, alta cristalinidade e hidrofiliçidade (Priyadharshini et al., 2022).

Celulose é usada como fibra para têxteis por sua resistência e versatilidade, sendo as mais comuns de algodão e linho (Deurr, 2010). Porém, a celulose vegetal se difere da celulose bacteriana. Aditiawati et al. (2021) explicam que a celulose bacteriana possui uma estrutura de microfibrilas básica com uma organização em cadeia ligada por ligações de hidrogênio, sendo que estas microfibrilas sintetizadas por bactérias é 100 vezes menor em comparação às fibras de celulose vegetal.

Entre os métodos de cultivo de celulose vegetal e bacteriana, o processo de *kombucha* para a criação do biofilme de celulose sobressai por ser simples, independente e livre de químicos tóxicos, Nguyen et al. (2021). O inconveniente do biofilme de *kombucha* é por ser rico em grupos hidroxilados que eleva sua absorção de água, tornando-o

incompatível com outros materiais, dificultando assim sua aplicação em outros têxteis (Nguyen et al., 2021).

Apresentadas por Grushkin (2015), as etapas ilustradas na Figura 5 são baseadas em receitas criadas por Suzanne Lee. Os materiais necessários são vinagre, açúcar, cultura de *kombucha* viva e pacotes de chá. Inicia-se com a preparação do chá com o açúcar, depois adiciona-se a cultura ao chá em um recipiente que tenha as medidas desejadas para a peça final e seja mantido entre 23° e 27° C, adiciona-se vinagre conforme for necessário para balancear o pH. Após o biofilme obter o tamanho do recipiente e a espessura desejada, ele é retirado e lavado com água fria e sabão, para então secar. Após seco ele pode ser utilizado para o fim desejado (Lee, 2011; Grushkin, 2015).

Como o cultivo de SCOBY para produção e consumo de *kombucha* é um processo vivo e delicado, conforme as condições do local foram-se criando receitas e truques. Por exemplo, Lee (2011) opta pelo uso de chá verde e vinagre em suas receitas, enquanto outras receitas optam pelo chá preto e uso de cerveja. Estes fatores dependem do resultado que se pretende obter, e para Lee (2011) que pretende usar o biofilme não é muito relevante a bebida final, enquanto para outros pode ser. Basicamente, a cafeína presente no chá estimula a síntese de celulose bacteriana, o vinagre ajuda a equilibrar o pH para que fique entre 2,5 e 3,5pH, a sacarose do açúcar atua como fonte de nitrogênio e carbono necessários para o crescimento e o etanol é já produzido normalmente no processo de fermentação, mas há quem adicione para acelerar o processo visando que haja mais fermentação (Priyadharshini et al., 2022). Portanto, há diversas receitas diferentes publicadas por diversos autores, mas o princípio é sempre o mesmo.

O único inconveniente que a presente pesquisa encontrou no processo de fabricação do biofilme em relação à sustentabilidade do processo foi o uso do açúcar granulado, uma vez que a produção deste material gera impacto negativo ao meio ambiente e mais um processo industrial que o utilizasse iria aumentar ainda mais sua demanda. Contudo, estudos como o de Freeman et al. (2016) avaliaram possível a utilização de uma mistura de sacarose de batata-doce, algo extremamente benéfico para a indústria da batata-doce que, de acordo com Freeman et al. (2016), passa por um período no ano de abundância de produtos que não são apelativos aos consumidores finais para consumo, portanto procura-se usos alternativos, e a utilização na produção do biofilme pode ser um deles. Porém, uma vez que o uso de tal sacarose exige um conhecimento superior dos processos químicos e com o intuito de não prejudicar os resultados dos experimentos, a presente pesquisa irá ter foco em utilizar o método convencional com açúcar granulado, contudo pretende-se explorar algumas das diferentes possibilidades de substituição do açúcar granulado convencional.

Já em relação ao uso do biofilme para fabricação de vestuário, há um problema que o impossibilita de ser utilizado no cotidiano atualmente: ele não é hidrofóbico e pode desmanchar em contato constante à água. Hildebrandt et al. (2021) apresentaram que existe a possibilidade de realizar um beneficiamento posterior à finalização do biofilme

que o torna resistente à água, contudo estes estudos estão em suas fases iniciais e ainda não apresentam resultados conclusivos (Hildebrandt et al., 2021).

A falta de resistência à água não é algo que irá necessariamente comprometer seu atual uso como vestuário, uma vez que há diversas peças de roupas usadas para eventos específicos e posteriormente lavadas à seco. Atualmente empresas como a Polybion (Figura 6), Public School of NY e Kombucha Couture usam o biofilme, adaptando o processo para atender a necessidade dos seus produtos.



Figura 6 - Casaco Ganni em parceria com Polybion (Dragonné, 2023, s.p.)

Quanto ao fim do ciclo de vida, o biofilme de *kombucha* é um material completamente compostável e pode ser completamente reinserido na natureza ao fim do seu ciclo, conforme explicam Trebbi (n.d.) e Santos et al. (2019). Conforme envelhece, o biofilme muda gradualmente para tonalidades mais escuras por processo de oxidação, e quando está sujeito a condições ambientais específicas, como um aumento extremo na taxa de humidade, perde flexibilidade e torna-se quebradiço, por vezes desenvolvendo bolor (Trebbi, n.d.).

O processo de envelhecimento pode ser tardado na fase de beneficiamento ao incorporar substâncias agentes que atribuem características relativas à durabilidade em diferentes ambientes ao biofilme, segundo dizem Hildebrandt et al. (2021), como propriedades hidrofóbicas, retardadores de chama e amaciantes. Os autores especulam que possíveis materiais que podem ser utilizados como agente hidrofóbico seria cera natural e/ou parafina de base fóssil e como agente amaciante os óleos de base biológica (Hildebrandt et al., 2021).

2.2 Corantes naturais

Corantes naturais são substâncias coloridas extraídas de fontes animais ou vegetais através de processos físico-químicos ou bioquímicos, e para sua aplicação em tecidos, a solubilidade é um requisito fundamental, Araújo (2006). Apesar de sua utilização histórica em diversas civilizações antigas, a instabilidade do tingimento natural, especialmente em bases celulósicas e proteicas, impulsionou a procura por alternativas mais estáveis. Por esse motivo que, ao longo dos anos, os corantes químicos dominaram o mercado, tanto em fibras naturais quanto em fibras artificiais (Dean, 2010; Araújo, 2006).

Os tecidos tingidos com corantes naturais podem ter diferentes composições. Duerr (2010) distingue as fibras naturais entre fibras de celulose e fibras proteicas. A primeira, também conhecida como fibras de base vegetal, são fibras biodegradáveis obtidas pela extração de plantas, enquanto a segunda, também conhecida como fibras de origem animal, também são biodegradáveis, mas obtidas com corte ou penteio dos pelos de animais. Exemplos de tecidos à base de fibras de celulose são o algodão e o linho, enquanto exemplos de tecidos à base de fibras proteicas são a seda e a lã de ovelha (Deurr, 2010).

Vankar (2000) elenca quatro fontes principais de corantes naturais: plantas e animais; subprodutos; sínteses químicas; e transferência de ADN. Para além das fontes, também podem ser divididos por sua estrutura química, meio de aplicação e por cor (Vankar, 2000).

Para o presente estudo escolheu-se trabalhar com corantes naturais que têm acesso mais facilitado comumente em Portugal, comumente usados na alimentação. Portanto, o foco encontra-se em plantas (flores, vegetais, legumes, caules, entre outros).

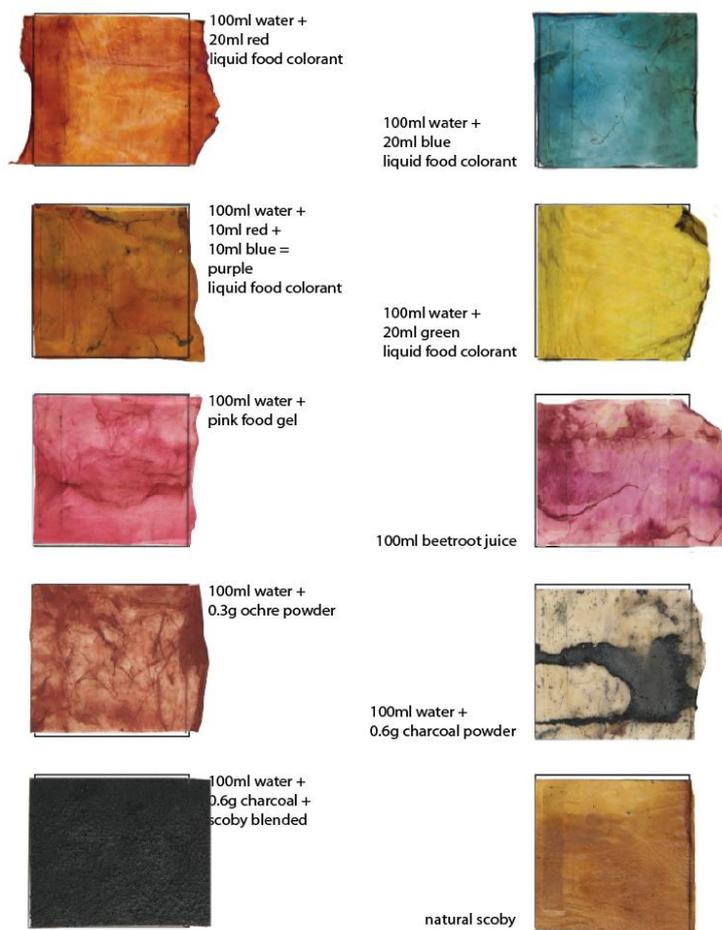


Figura 7 - Teste de cores (Cole, 2019).

Considerando que Lee (2011) afirma que o biofilme de *kombucha* é extremamente absorvente à água, Cole (2019) realizou algumas experiências que envolviam tingir o biofilme com alguns corantes alimentares, todos processos estão descritos em métodos e quantidades na Figura 7 ao lado da amostra final.

Outros dois experimentos que envolvem colorir o biofilme foram os de JM (2016) e Andreablum (n.d.), que relataram avanços e resultados de experimentos nos seus respectivos websites há aproximadamente oito anos. JM (2016) realizou experiências com o uso do chá verde, o chá preto e o café como fonte de cafeína para estimular síntese de celulose bacteriana, além de testes de cores com extratos de flores secas, couve roxa, beterraba, cebola roxa e espirulina, Figura 8. Chegou-se a conclusão de que o SCOBY consegue-se desenvolver e absorver a cor, contudo depende da concentração em relação à sacarose e cafeína da solução, sem números conclusivos. Outras constatações foram que o café, apesar de ser capaz de desenvolver o SCOBY, produz um biofilme muito mais frágil e que o vinagre, presente em poucas receitas de como produzir *kombucha* caseira, foi fator decisivo para o desenvolvimento ou não do SCOBY (JM, 2016). Andreablum (n.d.) já afirma que a melhor maneira de tingir o biofilme é fora da sua fase de crescimento, quando já está do tamanho desejado e fora da solução de início. Seu processo consiste em retirar o SCOBY da solução, lavar com água e sabão

neutro, submergir em água com corante, deixando demolido por alguns dias para só então retirar e deixar secar. Durante o processo de secagem vai-se adicionando óleo de coco esporadicamente para garantir uma superfície mais macia. Seus resultados com corantes de índigo e beterraba demonstram uma cobertura não uniforme do biofilme, Figura 9 (Andreablum, n.d.).

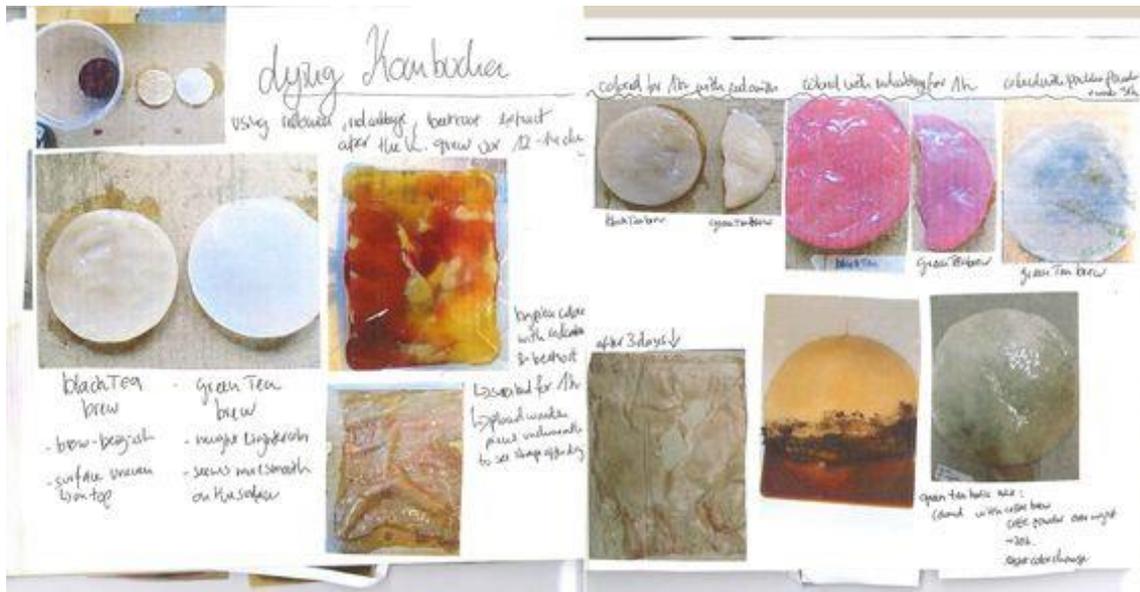


Figura 8 - Dyeing Kombucha (JM, 2016, s.p.)



Figura 9 - Kombucha fabric (Andreablum, n.d., s.p.)

Apesar de a maioria dos corantes naturais necessitarem de algum produto que sirva como mordente, ou seja, fixar a cor à fibra e evitar que que desbote com exposição à luz ou nos processos de lavagens (Vankar, 2000), ainda não há estudos significativos que determinem que o biofilme necessite de mordentes, em virtude de já existir um tipo de mordente no processo de fermentação da *kombucha*, os taninos presentes nos chás

verde e preto, (de Araújo, 2006). Os estudos de Lee (2011) e Cole (2019) apresentam que a fixação da cor é satisfatória em resistir à luz e, como o biofilme só pode ser lavado a seco, o processo de lavagem não é ainda uma preocupação. Porém vê-se necessário analisar a solidez da cor com o passar do tempo.

Na indústria têxtil portuguesa já existem avanços para o uso de corantes oriundos de elementos naturais, porém a baixa solidez da cor acaba por desincentivar sua utilização em fibras têxteis. Rodrigues (2023) expõe que a empresa portuguesa RDD Textiles pretende desenvolver, em parceria com outras empresas do ramo, uma ferramenta digital que permite a procura por corantes com base em seu impacto ambiental e desempenho. Intitulada Dyestuff Library, esta ferramenta foi lançada pela organização Fashion for Good em 2023 e irá possibilitar o compartilhamento de informações com o objetivo de uma indústria mais sustentável, Rodrigues (2023). Já Castro (2019) apresenta o projeto PICASSO da empresa Tintex, do norte português, que procura minimizar o impacto ambiental da mesma por meio de um sistema de tingimento natural sem uso de produtos químicos e sim extraindo de plantas e cogumelos. Tal processo, conforme explica Castro (2019), conseguiu gerar uma paleta de cores de mais de dez tonalidades, trazendo o interesse do mercado para o uso do tingimento natural oferecido pelo projeto PICASSO.

As cores que vestimos é mais do que algo ótico ou técnico, mas sim símbolo representativo, como explica Heller (2000). A autora também afirma que não há cor sem significado, contudo não há um significado universal, uma vez que depende do contexto em que está aplicado. Kratz (2016) corrobora com este pensamento e complementa que moda é utilizada pelo indivíduo para expressar e/ou distinguir.

A última amostra da Figura 7 demonstra a cor natural do biofilme após secagem. Lee (2011) afirma que a intensidade da tonalidade de castanho provém do chá utilizado para o processo e da quantidade de oxidação no processo de secagem. Portanto, a cor natural está entre diferentes tons de castanho.

No livro *A Psicologia das Cores* de Heller (2000) a autora apresenta resultados de entrevistas com diversas pessoas para perceber quais as cores mais e menos desejadas. Nesta pesquisa, o castanho é o menos desejado, totalizando 17% das mulheres e 22% dos homens. Apenas 1% dos entrevistados homens e mulheres tem o castanho como cor mais desejada. Mesmo que, de acordo com a autora, seja uma cor de destaque na indústria da moda, o castanho costuma ser uma cor presente, porém não desejada (Heller, 2000).

A escolha das cores de uma coleção pode influenciar seu sucesso e para uma maior abrangência do uso do biofilme é preciso registrar suas possibilidades de cores para incorporar seu uso no processo criativo de design de moda. “Usar as cores de maneira bem direcionada significa poupar tempo e esforço” (Heller, 2000, s.p.).

2.3 Processo de design

O processo de design de moda é o processo para projetar a peça e engloba várias etapas, sendo uma das mais importantes a escolha de materiais, enquadrada na fase do planeamento. Esta fase normalmente é determinada pelo que está disponível no mercado e pelas exigências que o projeto ou coleção em questão possui (Feghali & Dwyer, 2020).



Figura 10 – Processo de criação de moda (adaptado de Sanches, 2008)

Na Figura 10 apresenta-se a distribuição das fases do processo de criação de coleção de moda segundo Sanches (2008), onde divide-se em quatro: planeamento, geração de alternativas, avaliação e produção. Estas etapas podem ser aplicadas à uma grande coleção ou apenas algumas peças de vestuário, o importante é ter todas muito bem estruturadas (Sanches, 2008).

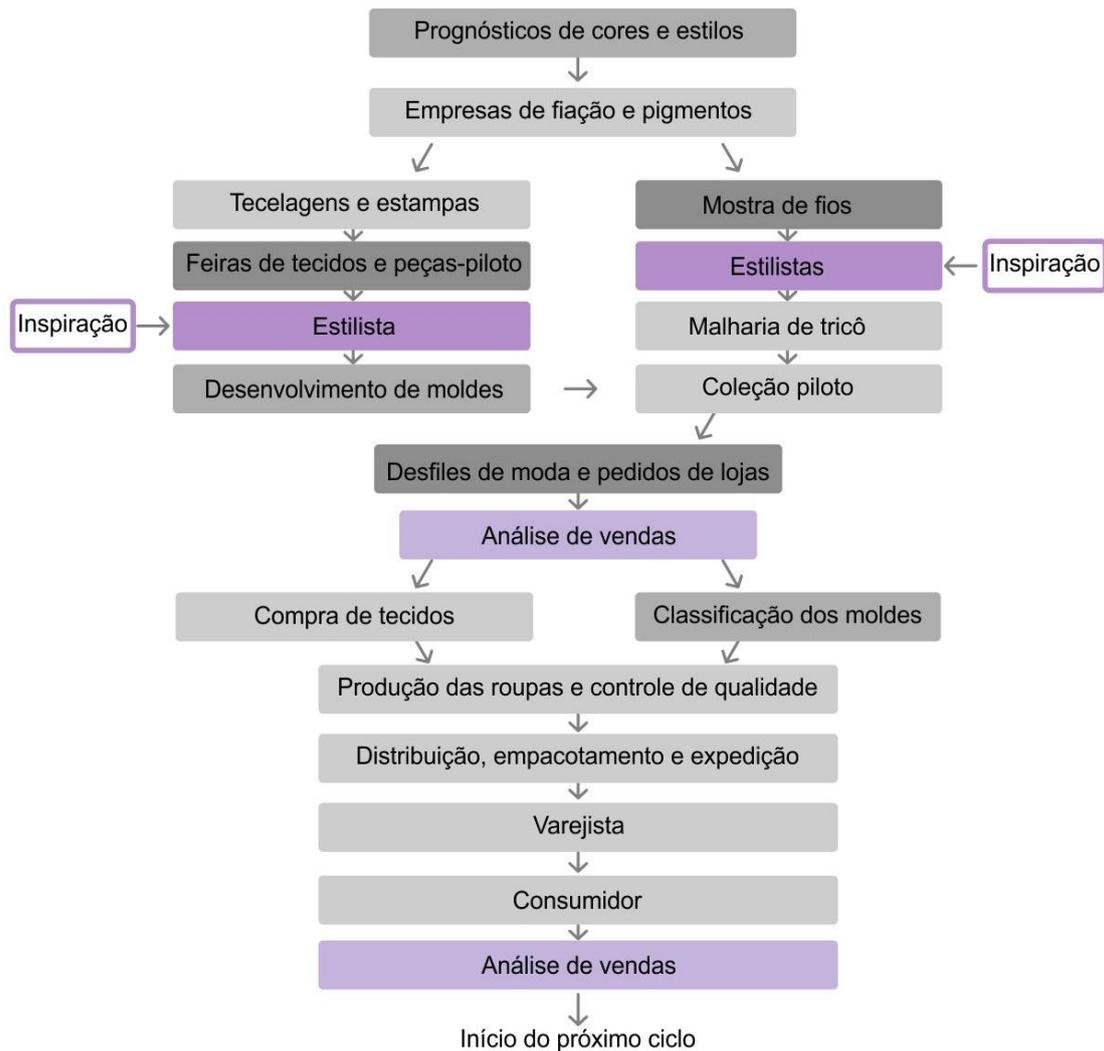


Figura 11 - O ciclo da moda (adaptado de Jones, 2005)

Enquanto Jones (2005) ilustra o ciclo da moda dividindo o processo de criação em etapas distintas e organizadas de forma cronológica, tendo como foco o comércio de varejo (Figura 11).

A etapa de planejamento da estruturação apresentada por Sanches (2008) pode ser relacionada com os elementos de design proposto por Seivewright (2007): silhueta, proporção e linha, função, detalhes, cor, tecido, estampas e embelezamentos, referências históricas, tendências contemporâneas, mercado, níveis e gênero de moda. O autor afirma que seguir estes elementos em ordem garantirão um melhor entendimento das coleções de moda a serem desenvolvidas e são essenciais para transformar ideias em peças de forma efetiva (Seivewright, 2007).

De acordo com Treptow (2007), cabe ao designer de moda compreender as tecnologias disponíveis de forma a aprimorar o processo de desenvolvimento de produtos conforme seu objetivo final, sendo este a venda ou apenas a expressão. Kratz (2016) corrobora com estas afirmações, pois para ela “a roupa sempre foi determinada pelos recursos e tecnologia disponíveis” (Kratz, 2016, p. 176).

Portanto, cabe ao designer de moda determinar qual o material que se enquadra nos requisitos para compor a coleção de uma forma harmónica e de forma a atingir o objetivo que, muitas vezes, é a compra e uso pelo consumidor final das peças. São diferentes os critérios para a escolha dos materiais, contudo um dos principais é a estética do material. Neste requisito, o biofilme de *kombucha* ainda se encontra atrás dos materiais convencionais por ser um material sendo estudado há poucas décadas, em comparação ao vasto conhecimento dos outros materiais. Seu aspeto quando seco varia de acordo com as técnicas praticadas, mas a cor original normalmente varia entre os tons de castanho, enquanto sua transparência pode ser translúcida ou opaca (Santos et al., 2019).

2.4 Bio Leather

Bio leather (ou *bioleather*, *bio-leather*) é o termo utilizado para descrever materiais biológicos que remetem às características que os couros animais e sintéticos apresentam. Este termo é utilizado para conseguir segregar o material e distinguir seu uso, uma vez que se trata de algo novo a ser inserido no processo produtivo. Este material é categorizado como um biomaterial e surge da necessidade de repensar o ciclo de vida dos produtos, especialmente aqueles feitos a partir de plásticos (Raspati, 2023).

Raspati (2023) elenca como *bio leather* materiais de sete origens diferentes: microbial, fungos, *tempeh* (feijões de soja fermentados), algas, fibras de abacaxi e crescidos em laboratório. O biofilme de *kombucha* se enquadra como microbial (Raspati, 2023).

A exploração de biomateriais para criação de opções de *bio leather* é importante porque usa-se pele em uma gama diversificada de produtos e essa elevada procura leva à alta produção e exploração de um mesmo recurso, sendo assim, é de extrema importância para a sustentabilidade do mercado de peles que haja diversidade de materiais base, como expõem Nguyen et al. (2021). Além disso, o que há em grande escala no mercado atualmente para diversificar a base de pele é a exploração de substitutos artificiais, sintéticos ou falsos que contribuem para impacto negativo ambiental, por não serem duráveis e biodegradáveis (Nguyen et al., 2021).

Em projetos comerciais ou voltados à pesquisa com o foco em *biofabrication*, ou seja, a união da biologia com o design, diversos designers incorporam o biofilme de *kombucha* aos seus objetos de design, como são os exemplos dos trabalhos das seguintes designers: Lorena Trebbi, Lionne van Deursen, Alessia Pasquini, Surzhana Radnaeva, Emma van der Leest, Moya Hoke e Ivan Hunga Garcia.

2.4.1 Lorena Trebbi

Trebbi desenvolveu um projeto de investigação intitulado *de Evolving Matter* (do inglês, matéria em evolução) para compreender quais os avanços feitos na área de biomateriais e como podem ser incorporados nos processos de design. O projeto está em seu portfólio dividido em oito assuntos, tendo destaque os que analisaram testes de crescimento do biofilme, testes de processos, testes de texturas, testes de aplicações e testes de envelhecimento (Trebbi, n.d.).

“O principal aspeto destacado ao projetar sistemas vivos é a perda do controle total do projetista sobre o material. Isto, no entanto, não significa que estejamos à mercê dos microrganismos que controlam os processos e resultados, mas que temos de encontrar uma forma de interagir e colaborar com eles”¹ (Trebbi, n.d., s.p., T.L.).

Com o objetivo de manipular como o processo de criação do biofilme acontece, Trebbi adicionou no teste de processos alimentos coloridos como o vinho tinto no processo de crescimento em diferentes quantidades e constatou que isso afeta, além da cor final, também o cheiro e a textura após a secagem do biofilme, Figura 12. Por isso, realizou para texturizar onde adicionou corante em pó de forma que o biofilme ao ser desenvolvido o prendeu em seus filamentos e resultou em uma textura granulada, Figura 13.

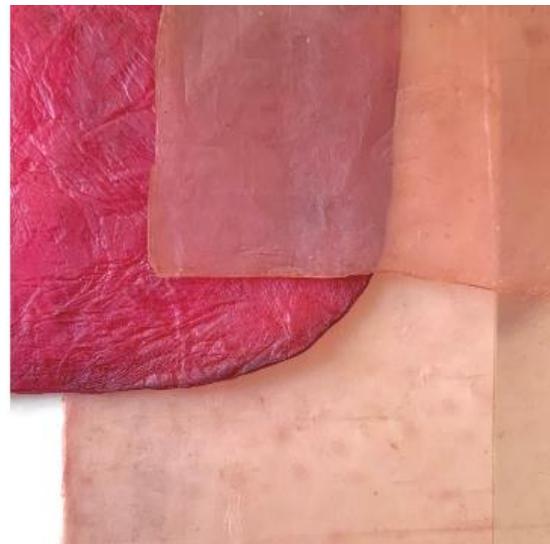
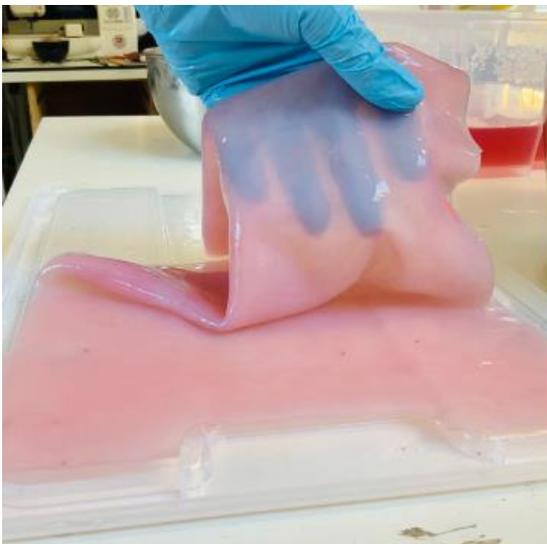


Figura 12 - Testes de processo (Trebbi, n.d., s.p.)

¹ “The main thing highlighted by designing with living systems is the loss of the full control of the designer over the material. This however doesn’t mean that we are at the mercy of the microorganisms which take control of processes and results, but that we have to find a way to interact and collaborate with them.” (Trebbi, n.d., s.p.)



Figura 13 - Testes de textura (Trebbi, n.d., s.p.)

A designer constatou que o biofilme suporta a aplicação de tintas e diferentes tipos de corte, Figura 14. Com o controle destes processos de design, explora-se as possibilidades da utilização do biofilme em embalagens, Figura 15 (Trebbi, n.d.).



Figura 14 - Biofilme estampado (Trebbi, n.d., s.p.)



Figura 15 - Embalagens de biofilme (Trebbi, n.d., s.p.)

2.4.2 Lionne van Deursen

O Studio Lionne van Deursen concentra-se na pesquisa experimental das possibilidades de novos materiais, concentrando-se atualmente no biofilme de *kombucha* (celulose bacteriana). Para a designer, a aplicação de novas técnicas cria materiais que podem substituir os materiais convencionais, não se restringindo apenas a materiais sustentáveis, mas também da utilização de um processo de produção sustentável. O processo produtivo aplicado no estúdio envolve técnicas manuais, cultura orgânica e procura uma forma eficiente que leve ao menor desperdício possível. O material cultivado é tingido com pigmentos naturais (van Deursen, s.d.).

O mais atual projeto intitulado Biotic estuda as diferentes possibilidades do biofilme em relação à cores e texturas. Uma das descobertas foi a capacidade do material de incorporar a textura da superfície em que foi posicionado para secar (Figura 16), conforme van Deursen (s.d.). Ademais, o projeto explorou tingimento com corantes naturais feitos a partir de descarte alimentares, principalmente de frutas, aplicados após o desenvolvimento do biofilme e antes do processo de secagem (Figura 16), com o objetivo de analisar como os diferentes corantes podem afetar a cor e textura final do material (van Deursen, s.d.).



Figura 16 - Amostras Biotic, texturas e cores (van Deursen, s.d., s.p.)



Figura 17 - Bolsas de kombucha (van Deursen, s.d., s.p.)

2.4.3 Alessia Pasquini

Pasquini desenvolveu o projeto KLEIS como uma forma de explorar os sentidos por meio de um livro sensorial e é na continuação desse projeto, KLEIS II, onde ela explora o uso do biofilme. Nesta versão do livro ela explora tendências de forma sensorial, onde uma delas é *growing the future & making the future*² que explora as bio-leathers de origem bacteriana, ou seja, o biofilme de *kombucha* (Pasquini, 2023).

Como apresento na Figura 18, a designer explorou diversas cores e espessuras do biofilme, além de padrões criados em corte à laser, com o fim de criar diferentes sensações a quem manusear os materiais. Ainda na Figura 18 pode-se ver alguns testes que a designer fez com adição de cor diretamente no processo de fermentação, com objetivo de explorar as opções de cores a serem alcançadas, sempre com preferência a substâncias naturais que iriam influenciar positivamente na fermentação, sem fazer com que ela não ocorra (Pasquini, 2023).

² T.L. crescer e fazer o futuro.



Figura 18 - KLEIS II (Pasquini, 2023, s.p.)

2.4.4 Surzhana Radnaeva

O primeiro projeto de Surzhana Radnaeva envolvendo biomateriais foi em 2018, onde criou, em parceria com o designer Benjamin Denjean e com a equipa do THR34D5, o projeto ReGrow (Figura 19), que consistia em explorar a sustentabilidade, a capacidade de fabricação local e o uso inteligente do biofilme de *kombucha* por um grupo multidisciplinar (Radnaeva, 2022).

Como resultado, foram confeccionadas duas peças inteiramente compostas pelo biofilme e montadas com a utilização de técnicas de *moulage* e uma espécie de *patchwork*. As peças foram apresentadas na competição Reshape de 2018 e venceram na categoria Wearable Technology (tecnologia vestível) (Radnaeva, 2022).



Figura 19 - Projeto ReGrow de Surzhana Radnaeva, Benjamin Denjean e thr34d, em 2018 (Radnaeva, 2022, s.p.)

2.4.5 Emma van der Leest

Integrante do projeto BioCouture em Londres fundada por Suzanne Lee, pioneira nos estudos do biofilme de *kombucha* como vestimenta, Emma van der Leest apresenta suas principais contribuições em forma de bolsas desenvolvidas no período de seu estágio no projeto (van der Leest, 2014).

O processo de produção das bolsas levou cerca de três semanas, com inclusão do crescimento do biofilme, o tingimento com pigmentos naturais, o corte e a costura manual das peças (Figura 20 e Figura 21). Apesar de quando foram finalizadas apresentarem tons vivos, as peças com o tempo acabam por escurecer, até chegar em um ponto onde já não é possível ver os padrões criados com os pigmentos (van der Leest, 2014).



Figura 20 - Bolsa BioCouture (van der Leest, 2014)



Figura 21 - Bolsa estilo clutch BioCouture (van der Leest, 2014)

2.4.6 Moya Hoke

Apesar de ser um projeto artístico, o Cellulose Suit de Moya Hoke foi capaz de trazer uma nova visão para a produção de peças de biofilme de *kombucha*, o desperdício zero (*zero waste*). O projeto consistiu em contruir um recipiente de aço inoxidável com formato específico onde o processo da *kombucha* aconteceu e o biofilme de desenvolveu nas proporções exatas que o projeto necessitava. Como era para remeter à um corpo humano, suas proporções se assemelham à de peças de roupa antes de costurar (Hoke, 2017).



Figura 22 - Cellulose Suit (Hoke, 2017, s.p.)

2.4.7 Ivan Hunga Garcia

Único português dos designers citados, Ivan Hunga Garcia cria suas coleções de moda para interagir com a natureza, fazer parte dela. Seus materiais são em sua maioria materiais biológicos. Um de seus coordenados, o *look 3* da coleção SS24 apresentado na Figura 23, foi totalmente desenvolvido com biofilme de *kombucha* e estruturado com haste de flores. No entanto, para a confecção do vestido em questão o designer não

utilizou apenas biofilmes do seu próprio processo de *kombucha*, mas sim fez parceria com uma fábrica local que comercializa a bebida (Garcia, 2023).

Em Apêndice I apresenta-se uma pequena entrevista informal com o designer conduzida no dia 12 de março de 2024 por vídeo chamada.



Figura 23 - Look 3, SS24 (Garcia, 2023, s.p.)

Atualmente o vestido faz parte do acervo do designer, foi apresentado em eventos como o Moda Lisboa e está disponível para alugar. Portanto, são apresentadas algumas medidas de cuidado com a peça: humedecer a peça antes de vestir para permitir maior flexibilidade e mobilidade; fragilidade da peça quando seca sobe em 70%; não consertar possíveis rasgos com costura, mas sim com uma nova camada de biofilme ainda vivo; ter em conta que a peça se altera com o seu envelhecer (Garcia, 2023).

3. Desenvolvimento do trabalho prático

Com as informações coletadas por outros investigadores apresentados anteriormente e análise de suas experiências foram estabelecidos alguns pontos para um melhor desenvolvimento no processo de *kombucha* e, conseqüentemente, obtenção de um melhor biofilme:

- Existe um alto risco de contaminação, então é preciso sempre usar luvas e materiais esterilizados quando trabalhar com o SCOBY vivo;
- O pH ideal para o crescimento é entre 2.5 e 3.5 pH, podendo ser usado mais chá ou vinagre para manter a mistura mais para o lado ácido;
- Vinagre pode ser usado para matar crescimento de fungos quando ainda na fase de crescimento;
- Não é recomendado que o recipiente onde está crescendo o SCOBY seja totalmente fechado, porque as gotículas que se formam podem danificar o biofilme final e pouco oxigênio pode tardar o crescimento do biofilme. Contudo, em amostras pequenas não há muita diferença;

3.1 Experiências

As experiências desenvolvidas decorreram entre os meses de fevereiro e abril, tendo como objetivo principal colorir o biofilme com corantes naturais de modo a elaborar um livro de receitas para que as descobertas possam ser replicadas. Algumas foram realizadas no laboratório BioLab Lisboa, onde foi possível ter o controle do ambiente dos experimentos, e outras foram desenvolvidas em casa, onde foi possível ter um acompanhamento mais próximo, apesar de sofrer com as mudanças de temperatura.

Com divisão entre grupos identificados por uma letra, os experimentos aconteceram com quatro processos:

- propagação e cultivo do SCOBY fornecido pelo BioLab de Lisboa;
- introdução do corante natural no processo de crescimento do biofilme de *kombucha*;
- tingimento do biofilme já desenvolvido em um banho de corante natural;
- tingimento do biofilme já desenvolvido e seco em um banho de corante natural.

Para padronizar os processos, todos os biofilmes provieram de receita inicial padrão (descrita no item a seguir) com os mesmos ingredientes, apenas com a alteração do corante utilizado. Todos foram secos numa superfície padrão plástica para obter uma textura possivelmente uniforme.

Para além disso, como algo complementar na compreensão do desenvolvimento do biofilme de *kombucha*, o último grupo de experimentos explora meios de tornar o

biofilme resistente à água e a sua capacidade de desenvolver em um recipiente em formato de molde de roupa contruído em acrílico.

O foco para escolha dos corantes naturais a serem testados baseou-se em explorar as possibilidades disponíveis de fácil acesso em Portugal continental e obter amostras das cores primárias azul, amarelo e magenta, sendo os elementos escolhidos couve roxa, beterraba, índigo, açafião, casca de cebola e carvão vegetal ativado. Para além destes elementos, procurou-se, também, obter tons claros, testando-se duas opções de alvejantes naturais: solução ácida extraída do limão (sumo) e leite de arroz (solução feita de grãos de arroz moído em água).

Os banhos de tingimento preparados com os corantes naturais podem ser utilizados para mais do que um biofilme, de modo a economizar recursos (Deurr, 2010). E não serão acrescentados processos de mordente, porque segundo a revisão literária, os taninos do chá presentes no processo de fermentação da *kombucha* são bons mordentes para fixar a cor em fibras de celulose.

3.1.1 Testes de crescimento do biofilme

Dois SCOBYs de culturas diferentes foram fornecidos pelo BioLab Lisboa, sendo o primeiro dividido em quatro partes e o outro em duas partes aproximadamente iguais. Seis recipientes reciclados e aproximadamente uniformes foram submersos em água fervente por cerca de 10 minutos para realizar esterilização.

Os elementos da receita base consistiu:

- 2lt água
- 2 saquetas de chá verde
- 180gr açúcar cristal

Preparação da receita consistiu:

Os dois litros de água da torneira foram levados à ebulição e as saquetas de chá verde adicionadas para infusão por 15 minutos. Após remoção das saquetas, 180g de açúcar cristal foi adicionado e dissolvido. Após a mistura arrefecer, foi distribuída pelos seis recipientes de vidro.

As partes do SCOBY foram distribuídas e adicionadas nos recipientes, resultando em quatro processos de *kombuchas* cultivadas em laboratório e duas cultivadas em ambiente externo. Entre as quatro, uma era de uma cultura diferente.

Todas *kombuchas* no laboratório foram cultivadas em circunstâncias uniformes, enquanto as duas que foram cultivadas fora sofreram as variações de temperatura conforme as mudanças climáticas.

Os diferentes crescimentos foram acompanhados por aproximadamente seis semanas, e a única diferença significativa foi que em um dos recipientes onde o SCOBY inicial era

maior que a circunferência em que estava inserido o processo de fermentação não resultou em uma película espessa.

A evolução das semanas foi fotografada paralelamente à medida que se iam realizando testes para garantir que o pH se encontrava nos valores ideais. A partir da segunda semana já é notável o crescimento do biofilme e das partículas soltas no líquido.

Na terceira semana, como haviam biofilmes levemente espessos e saudáveis, um dos recipientes que estava a ser cultivado no laboratório forneceu seu biofilme como SCOBY inicial no desenvolvimento dos testes do grupo A.

Na quarta semana, um dos SCOBYs que estava a ser cultivado fora do laboratório serviu de origem para um teste de desenvolvimento em recipiente maior (Figura 29), com o propósito de verificar se o tempo para desenvolvimento do biofilme seria semelhante e, de facto, foi. O que acaba por levar mais tempo no biofilme a se desenvolver é o aumento da sua espessura, enquanto seu surgimento é relativamente rápido.

A seguir, algumas figuras do processo de cultivo dos biofilmes em laboratório e fora.



Figura 24 - Semana 01, fora do laboratório, em casa: higienização dos recipientes e registo dos primeiros filamentos a se formarem.



Figura 25 - Semana 1, BioLab Lisboa: formação dos primeiros filamentos e testes de pH.



Figura 26 - Semana 2, fora do laboratório, em casa: avanço da formação do biofilme.



Figura 27 - Semana 2, BioLab: avanço da formação do biofilme.

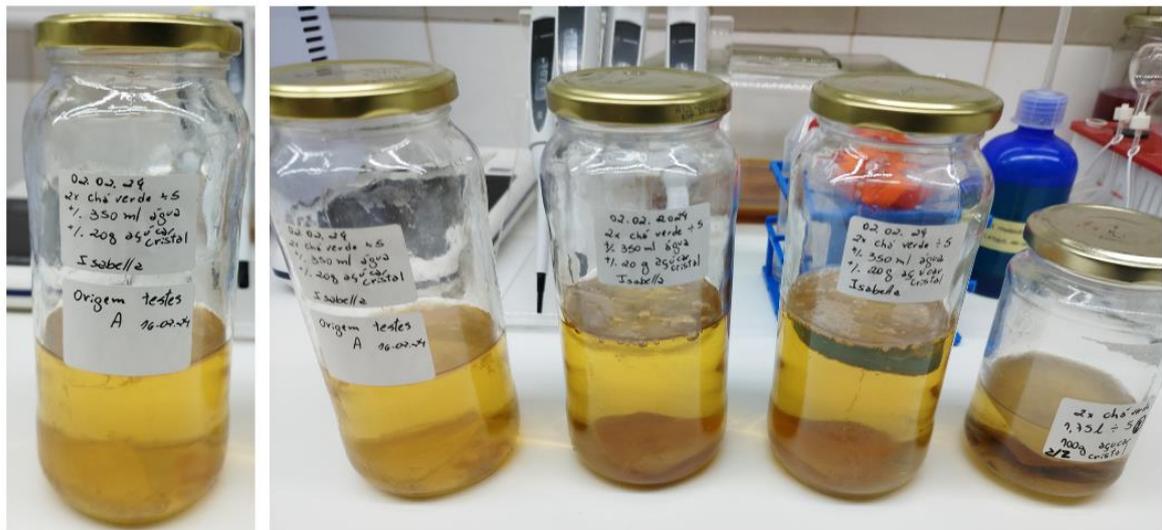


Figura 28 - Semana 3, BioLab Lisboa: avanço da formação do biofilme e registo da retirada do SCOBY de um dos recipientes para o grupo de testes A.



Figura 29 - Semana 4, fora do laboratório, em casa: avanço da formação do biofilme e teste de crescimento em recipiente maior.



Figura 30 - Semana 4, BioLab: avanço da formação dos biofilmes.

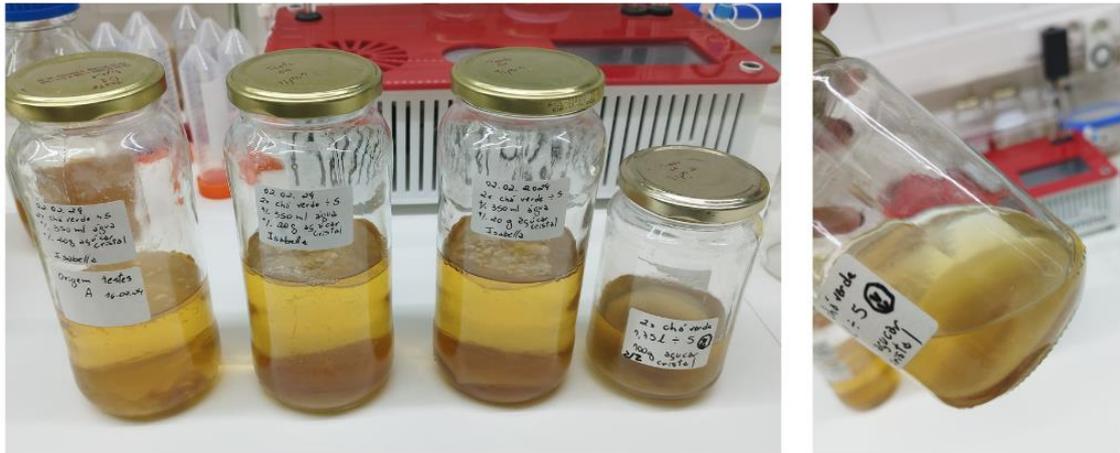


Figura 31 - Semana 5, BioLab: avanço da formação dos biofilmes.



Figura 32 – Semana 5, fora do laboratório, em casa: avanço da formação dos biofilmes e propagação para mais recipientes.

3.1.2 Testes grupo A: Introdução do corante no processo de crescimento à procura do Magenta e Azul

Os testes do grupo A consistiram em experimentar acrescentar o corante natural no início do processo, antes da fermentação. Para tal, foram usados três corantes naturais: couve roxa pH ácido, couve roxa pH neutro, beterraba. E uma opção de alvejante natural: leite de arroz (solução feita de grãos de arroz moído em água).

Preparação do Corante:

A **couve roxa** tem um medidor de pH natural por ter um pigmento chamado de antocianina solúvel em água, conforme explica Pombinho (n.d.), ao extrair este pigmento com água fervente, as moléculas dele alteram de tonalidade consoante o pH do ambiente: coloração avermelhada (menor que 6,5, ácido), coloração azulada (7,5 a

8,5, neutro) e esverdeada (10,5, alcalino). Tal pigmento também é encontrado em outros vegetais, como pele de maçã e uvas (de Araujo, 2006; Pombinho, n.d.).

O processo de extração do pigmento para obter o corante consiste em ferver as folhas da couve roxa por 20 minutos ou até as folhas começarem a se tornar rosadas. Depois coa-se a mistura para que fique apenas com o líquido que servirá de corante. Para obter tonalidades avermelhadas é preciso de um pH mais ácido (abaixo de 6,5), enquanto para obter tons azulado é preciso de um pH mais neutro (entre 7,5 e 8,5), e para realizar essa manipulação de cor podem ser usados ácidos ou soluções alcalinas. Neste caso, para obter magenta não foi preciso adicionar nada porque já se encontrava num ambiente ácido, enquanto para obter azul foi preciso adicionar 1g de bicarbonato de sódio (Duerr, 2010).



Figura 33 - Corante natural couve roxa

Na **beterraba** existe um pigmento de coloração intensa chamada de betanina e sua estabilidade, assim como na couve roxa, depende do pH, explicam Constant et al. (2002). Na indústria o corante natural de beterraba é usado em pó para tingir alimentos como sorvetes e iogurtes, por conta da sua alta solubilidade e estabilidade. Para extrair o pigmento da beterraba é feito um processo que envolve trituração, mistura e coagem. Foram trituradas 250g de beterraba cozida (previamente no vapor) em 600ml de água

da torneira. Em seguida foram coados para se obter apenas no líquido que foi utilizado como corante (Constant et al., 2002).



Figura 34 - Corante natural beterraba

Apesar de não ser utilizado como corante natural para tecidos, o **leite de arroz** é usado pela designer Lorena Trebbi em seu projeto para obter um biofilme de tonalidade esbranquiçada. Por questão de curiosidade, foi adicionado então o leite de arroz como opção de alvejante natural à um dos recipientes com SCOBY. O processo para obter o leite de arroz é semelhante ao de beterraba, a diferença está na preparação: ao invés de cozinhar, os grãos de arroz são submersos em água por aproximadamente 24 horas e então moído em água.

Após obter todos os corantes destinados a este grupo, foram preparados quatro novos recipientes seguindo a mesma receita descrita previamente. Para além, cada recipiente recebeu 80ml do corante e 30 ml de vinagre para corrigir para um pH ácido. Com exceção do recipiente do leite de arroz que levou 120ml de alvejante natural (leite de arroz) e 250ml do chá açucarado (Trebbi, n.d.).

Desenvolvimento:

Desde a segunda semana notou-se que a cultura que continha o corante de beterraba não estava a se desenvolver bem (Figura 36). Especula-se que havia o desenvolvimento de outra cultura de microrganismos junto com a cultura que dá origem ao biofilme. Por isso, foi tomada a decisão de retirar o biofilme irregular formado primeiro e tentar novamente o corante de beterraba seguindo um diferente processo no grupo de testes B. O pequeno pedaço de SCOBY que deu origem à cultura e ao biofilme que se formou (Figura 38) foram deixados secar, dando origem a um biofilme fino, frágil, irregular e com alta transparência por conta da baixa espessura (Figura 39).

O cultivo das restantes foi acompanhado por cinco semanas, sendo que na última foram retirados para secagem, deixando a cultura ainda viva para novos biofilmes. Na quarta semana notou-se que a cultura que continha o corante de couve roxa com o pH neutro estava por desenvolver um biofilme duplo (Figura 40).

Assim como nos testes de desenvolvimento do biofilme, também foram feitos testes semanais de pH nos recipientes do grupo A para garantir que o pH estava conforme desejável. Contudo, o recipiente onde foi inserido o corante de couve roxa de pH neutro não foi corrigido para que ele permanecesse assim, já que para que o biofilme se desenvolva é preciso um pH ácido. Isso fez com que a solução alterasse de cor ao decorrer das semanas.



Figura 35 - Semana 1, grupo de teste A: recipiente com leite de arroz, beterraba, couve roxa pH ácido e couve roxa pH neutro.



Figura 36 - Semana 2, grupo de teste A: avanço do desenvolvimento dos biofilmes.



Figura 37 - Semana 3, grupo de teste A: avanço do desenvolvimento dos biofilmes.



Figura 38 - Semana 3, grupo de teste A, corante de beterraba: biofilme irregular.



Figura 39 - Secagem amostra beterraba, grupo de teste A: retirada e secagem do biofilme irregular.



Figura 40 - Semana 4, grupo de teste A: avanço dos biofilmes, exceto o com corante de beterraba.

3.1.3 Testes grupo B: Introdução do corante no processo de crescimento à procura do Azul, Amarelo e Magenta

Os testes do grupo B consistiu em testar o crescimento em cor do biofilme em dois novos corantes: índigo e açafreão. Além destes dois, foi feito um novo processo com o corante de beterraba e testado mais uma vez esse corante no crescimento. Assim como nos testes anteriores, os recipientes deste grupo tiveram o pH monitorado semanalmente.

Com o propósito de obter tons azulados, optou-se por realizar testes com o índigo (ou anil), um corante natural altamente utilizado acredita-se que há mais de 4000 anos, produzido das folhas de diversas espécies das plantas anileiras (Indigofera), nativas da Ásia, de Araújo (2006).

Preparação do corante:

Para extrair o corante do **índigo**, as folhas são submersas em água temperatura ambiente entre 9 e 14 horas, onde ocorre a fermentação e a hidrólise da glicose do corante, tornando-o solúvel em água e é este licor fermentado que após ser retirado é arejado para que ocorra a oxidação, dando origem à tonalidade. O próximo passo consiste em decantar a camada líquida e aquecer o restante para que não haja mais fermentação, podendo então ser filtrado e a pasta resultante é seca e está pronta para ser utilizada (de Araújo, 2006).

Devido a complexidade da extração do pigmento da planta, para utilizar o corante índigo optou-se por adquirir o corante em pó da empresa Saber Fazer localizada na cidade do Porto em Portugal. Para preparar o banho foi utilizado 240ml de água a 100°C para diluir ½ grama de pó de índigo, a mistura foi então mantida a 50°C por alguns minutos até estar uniforme. Para fibras de celulose o banho não precisa estar aquecido quando inserir o material a ser tingido e o pH deve estar entre 9 e 10, podendo ser consertado com introdução de bicarbonato (Dean, 2010).

A cor amarelada do corante de **açafreão** é devido a um carotenóide glicosado, a crocina, e é extraído da planta de mesmo nome (*Crocus sativa*), nativa da Grécia e Itália, e há registros de sua utilização desde a Antiguidade, de Araújo (2006). Por ser comumente utilizado como tempero para cozinha, encontra-se açafreão em abundância nos mercados nacionais tanto puro ou acrescentado a outros temperos, por isso foi adquirido o açafreão já em pó. Para o banho, diluiu-se 1g de pó de açafreão em 240ml de água a 100°C e misturado até se tornar homogêneo (de Araújo, 2006).

Para o novo banho de magenta do corante de **beterraba**, levou-se a mistura a 100°C por 15 minutos com o objetivo de esterilizar a solução e utilizou-se a mesma receita descrita previamente (ver Testes A). Após a retirada do biofilme do primeiro teste de beterraba, a mistura foi mantida e observada.



Figura 41 – Semana 1, grupo de teste B: recipiente com corantes de índigo, açafão e beterraba.

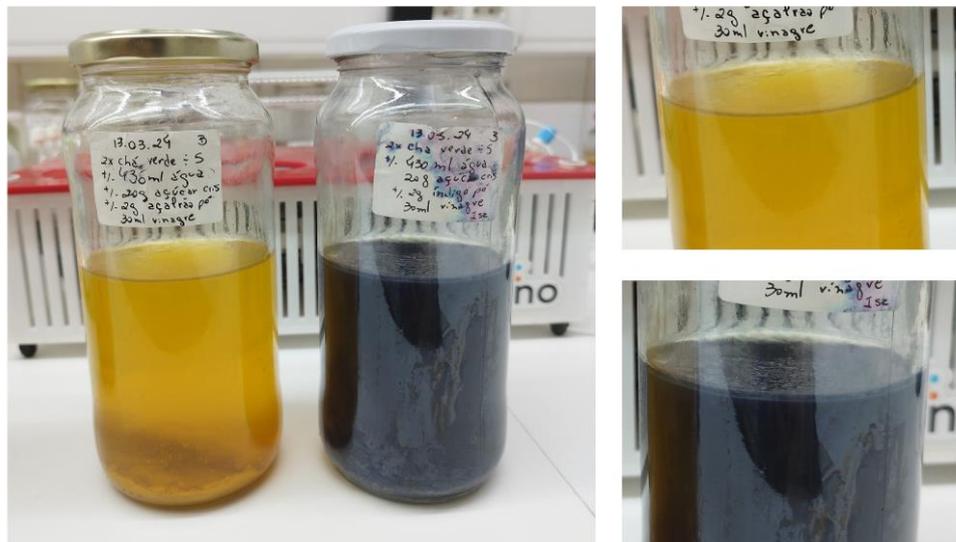


Figura 42 - Semana 2, grupo de teste B: avanço do desenvolvimento dos biofilmes.

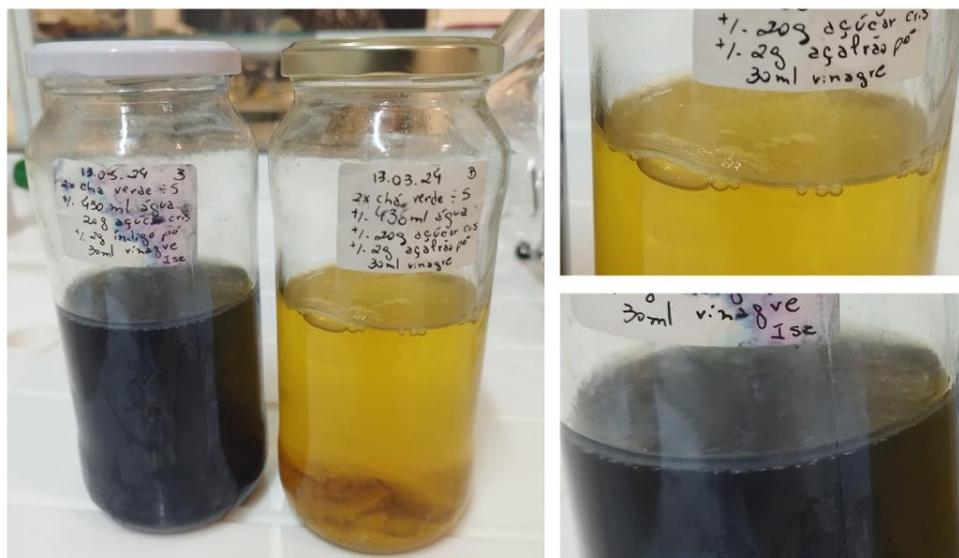


Figura 43 - Semana 3, grupo de teste B: avanço do desenvolvimento dos biofilmes.

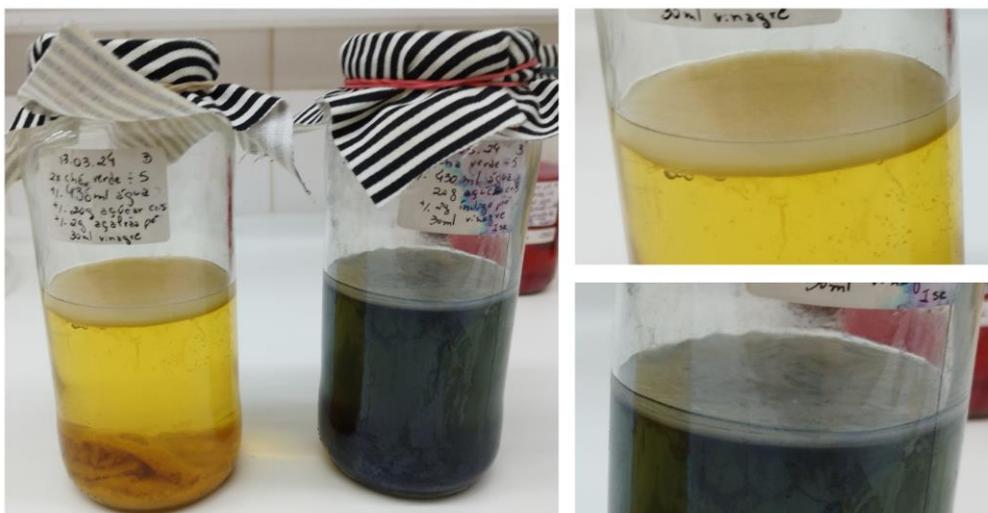


Figura 44 - Semana 4, grupo de teste B: avanço do desenvolvimento dos biofilmes, agora cobertos com tecido.

Na terceira semana os vidros tiveram as tampas substituídas por tecido (visível na Figura 44) com o intuito de ter um maior contato com oxigênio e, assim, acelerar o processo de fermentação resultando em um biofilme mais espesso de forma mais rápida, algo que se observou possível no decorrer dos experimentos.

Os experimentos do processo de crescimento contendo corantes de açafrão de índigo geraram biofilmes espessos ao fim da semana 4 e foram retirados para secar.

Quanto aos experimentos com o corante de beterraba, o novo vidro gerou mais uma vez um biofilme irregular, contudo, o primeiro vidro dessa vez conseguiu gerar um biofilme regular. Portanto, surge a hipótese de que a mistura gera um primeiro biofilme para descarte e a partir do segundo pode ser utilizado. O novo vidro, posteriormente, também gerou um biofilme uniforme, o que colabora com a hipótese, porém é necessário um estudo mais direcionado para apresentar dados conclusivos.



Figura 45 - Testes de beterrada, grupo B: resultado do biofilme do novo teste e resultado do biofilme do teste anterior (A).

3.1.4 Testes grupo C: Tingimento do biofilme já desenvolvido húmido à procura de todas as cores

O grupo C de testes consiste em tingir o biofilme após seu crescimento, em ambiente húmido.

Os SCOBYs foram retirados da cultura e lavados com sabão de pH neutro, cortados em seis partes para serem submersas em aproximadamente 120ml dos seguintes banhos de corante: açafrão, índigo, couve roxa de pH neutro, couve roxa de pH ácido e beterraba (após o processo de ebulição).

Após três dias metade de cada biofilme foi retirado de cada banho de tingimento e deixado secar. Após uma semana os restantes dos biofilmes foram retirados dos banhos e deixados para secar. Essa diferença de tempo serviu para verificar se o tempo submerso no banho afeta a intensidade da cor.



Figura 46 - Semana 1, grupo de teste C: banhos dos corantes de açafrão, índigo, couve roxa de pH neutro, couve roxa de pH ácido e beterraba.



Figura 47 - Amostras grupo de teste C: resultados após 3 dias de banho e após 7 dias de banho.

3.1.5 Testes grupo D: Introdução do corante no processo de crescimento à procura do Amarelo e Tons Neutros

Os testes do grupo D consistiram em testar o crescimento do biofilme em processos com a adição dos seguintes corantes: casca de cebola e carvão natural ativado. Além disso, realizar mais um teste de crescimento com adição de alvejante natural, desta vez solução ácida extraída do limão.

Preparação dos banhos:

De acordo com Duerr (2010), existem alguns componentes que podem ser utilizados como uma forma de alvejante natural, sendo este o caso do **sumo de limão**. O processo consiste em extrair sumo do limão (solução ácida) em quantidade suficiente para submergir o tecido e deixar exposto ao sol por algumas horas até atingir a tonalidade desejada (Duerr, 2010).

O corante extraído da **casca de cebola** já foi muito utilizado no tingimento de fibras proteicas, como a seda. O processo de preparação para o banho pode ser feito por meio de fervura por 10 minutos a aproximadamente 100°C ou por meio de chá solar, que consiste em deixar as cascas submersas em água em exposição ao sol por algumas horas, sendo o segundo método o utilizado para os presentes experimentos (Duerr, 2010).

A ativação do **carvão** consiste no tratamento térmico em altas temperaturas (800-1000°C), onde estes produtos de combustão incompleta queimam e volatilizam, resultando no carvão ativado, que então é comercializado, normalmente, em pó. Atualmente, sua principal utilização é na purificação de soluções e na remoção de sabor, cor, odores e outras impurezas desagradáveis de líquidos, água suplementos e óleos vegetais e animais. A cor forte do carvão ativado pode ser absorvida por diversos materiais, como os utilizados na culinária, daí surge a hipótese de utilizá-la como tingimento do biofilme de *kombucha*. Por ser solúvel em água, o banho de tingimento foi preparado com 1g de carvão ativado em pó diluído em 340ml de água em temperatura ambiente (Mohammad-Khah & Ansari, 2009).



Figura 48 - Corante de cebola e carvão natural ativado

Desenvolvimento:

Os vidros foram preparados com a mesma receita base para corante e para alvejante natural apresentados anteriormente. A principal diferença foi que, esses testes ocorreram fora do ambiente do laboratório, uma vez que as temperaturas ambientes estavam entre os graus recomendados, e as misturas foram cobertas com tecido desde o início.

Após um pouco mais de uma semana, os testes já apresentaram biofilmes com espessuras satisfatórias. Contudo, nenhum deles apresentou uma coloração forte, o que pode ser por razão do menor período de contato com o líquido colorido, já que o biofilme se desenvolveu em um quarto do tempo que os outros, porém essa possibilidade só poderá ser comprovada em estudos futuros.



Figura 49 - Semana 1, grupo de teste D

3.1.6 Testes grupo E: Tingimento do biofilme já desenvolvido húmido à procura de Amarelo e Tons Neutros

Os testes do grupo E, semelhante ao grupo C, consistem em submergir dois biofilmes após lavagem com sabão de pH neutro nos banhos de corante: casca de cebola e carvão natural. Além disso, realizou-se outra experiência com o banho de alvejante natural de sumo de limão.

Assim como no grupo anterior (grupo C) realizado com o mesmo processo, após três dias onde os biofilmes estavam submersos em banho, metade de cada foi retirado para secar (à esquerda da Figura 51), enquanto a outra metade do biofilme permaneceu no banho de corante por um total de sete dias para só então serem retirados e secos.



Figura 50 - Semana 1, grupo de teste E: biofilme húmido submerso em banhos de sumo de limão, carvão natural ativado e casca de cebola.

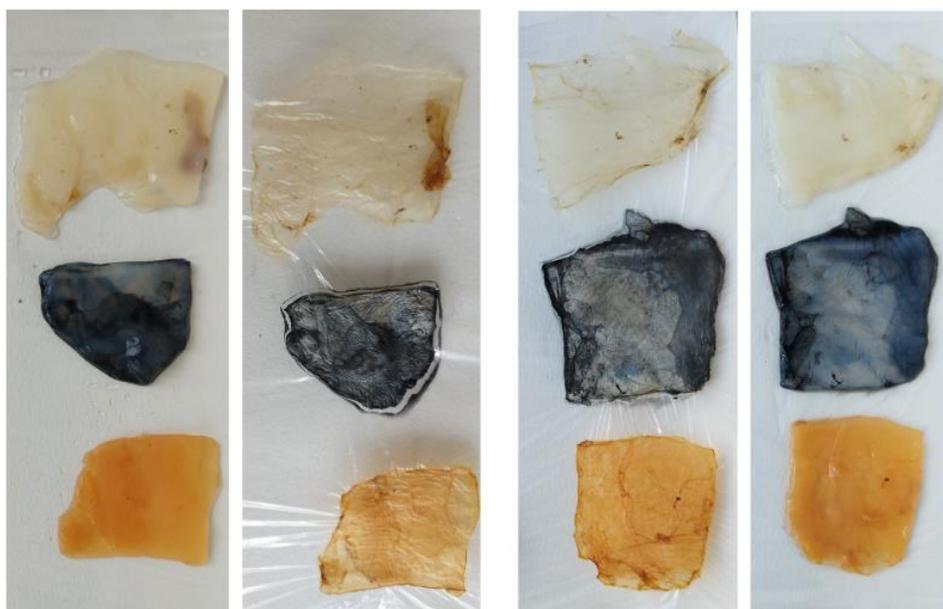


Figura 51 - Amostras grupo de teste E: resultados dos biofilmes após três dias submersos em banho e após sete dias em banho.

3.1.7 Testes grupo F: Tingimento do biofilme já desenvolvido seco à procura de todas as cores

O grupo F de teste consiste em submergir biofilmes após lavagem com sabão de pH neutro e secagem completa nos seguintes banhos de tingimento: índigo, açafreão, couve roxa pH neutro, couve roxa pH ácido, beterraba, casca de cebola e carvão vegetal ativado. Para além dos banhos de corante, também foram submersos nos dois banhos de alvejantes: leite de arroz e sumo de limão.

Cada banho contém aproximadamente 160ml de líquido e o biofilme só foi adicionado quando estava completamente seco, sem nenhum beneficiamento adicional. Após submersos por sete dias, foram retirados e secos novamente.



Figura 52 - Semana 1, grupo de teste F: biofilme seco e biofilmes secos submersos em banhos de leite de arroz, beterraba, couve roxa de pH ácido, couve roxa de pH neutro, açafraão, índigo, sumo de limão, casca de cebola e carvão natural ativado.

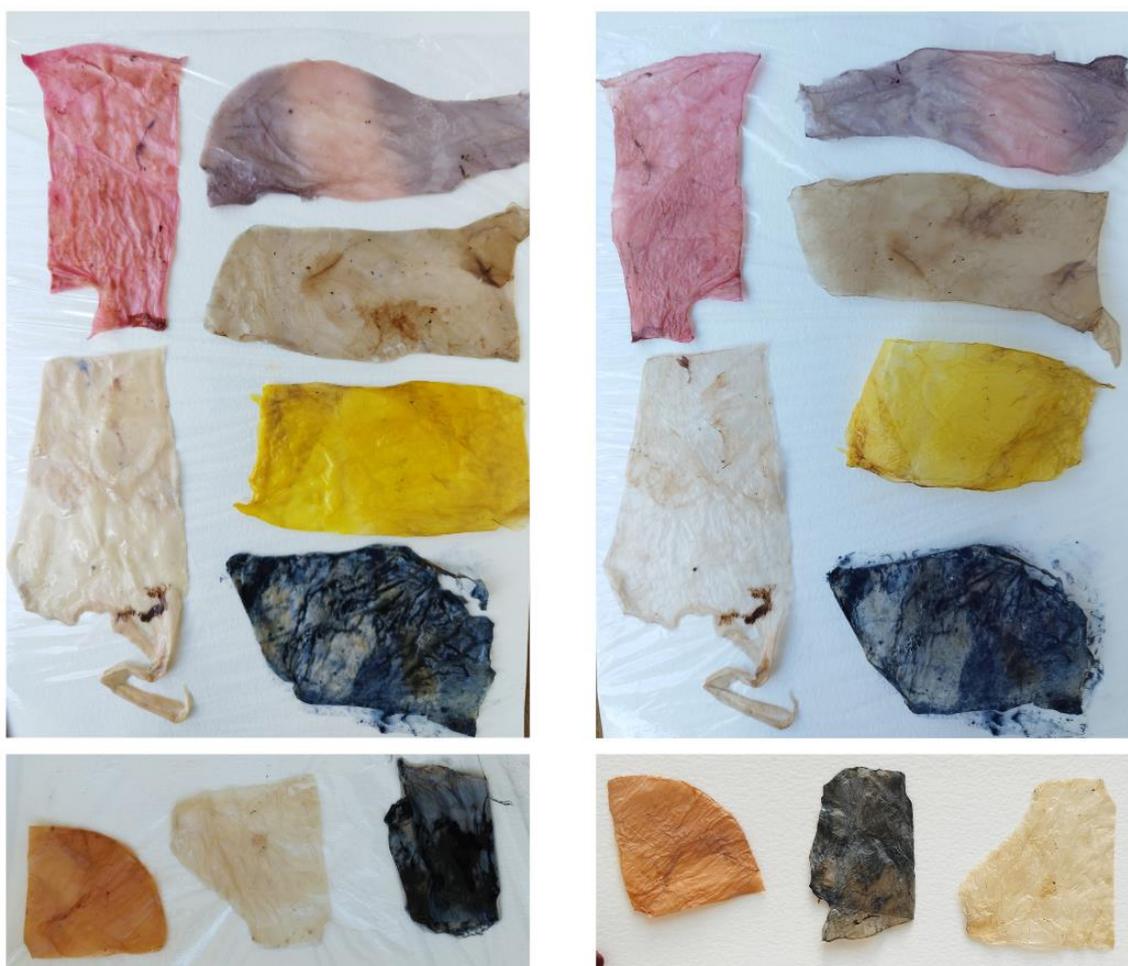


Figura 53 - Amostras grupo de teste F: biofilmes após retirar do banho e depois de secos.

3.1.8 Testes grupo G: Explorações de forma e textura

O grupo G são os testes complementares que ajudarão na melhor compreensão de como explorar o material.

Teste de moldação em modelagem

O primeiro teste deste grupo, inspirado na obra de Moya Hoke, foi o de construir um recipiente já no formato do molde da peça a ser confeccionada com o biofilme. Para tal, fora traçado um molde de saia curta evasê tamanho XS em papel e acrescentado 1,5cm de margem de costura e 3cm de margem de encolhimento. Com o molde definido, criou-se então uma estrutura em acrílico e as vedações laterais em silicone. Contudo, as vedações não foram suficientes para fixar o acrílico em formas curvas ou para suportar a pressão do líquido da *kombucha*. Portanto, o teste não foi possível de ser concluído, sendo passível de novas tentativas futuramente em outros estudos.

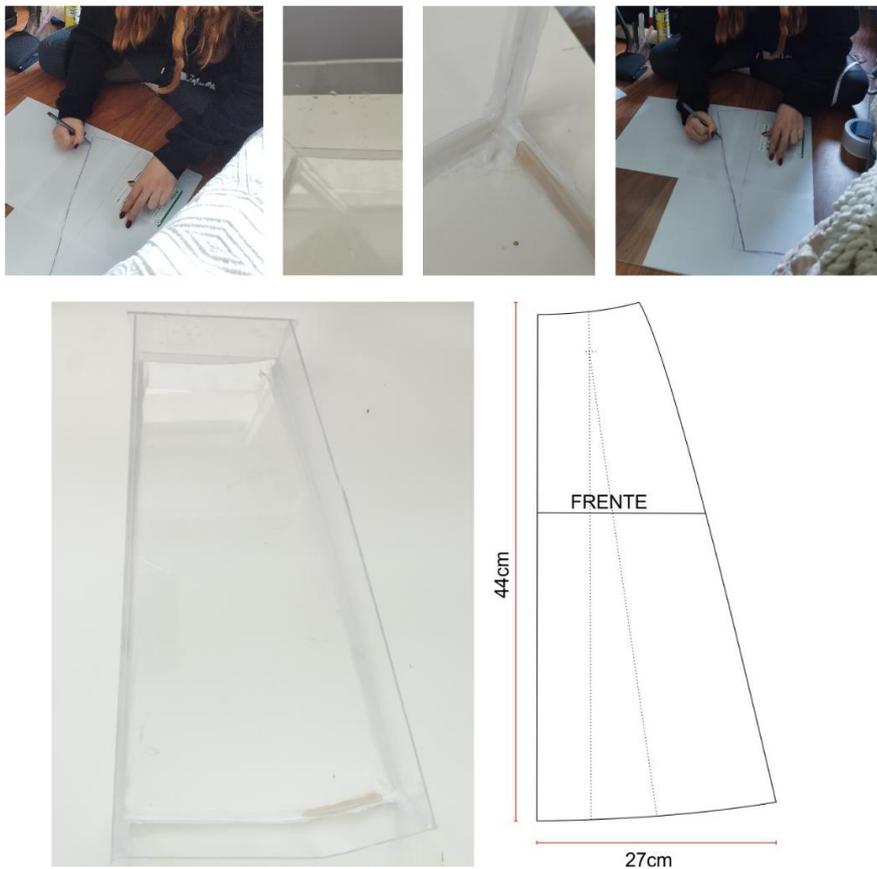


Figura 54 - Teste de moldação em modelagem, grupo de teste G

Teste de beneficiamento – exploração de texturas:

O próximo teste desse grupo consistiu em comparar os resultados do biofilme em textura e coloração ao utilizar chá preto, chá verde e uma mistura de partes iguais dos dois.



Figura 55 - Diferentes chás, grupo de teste G

Realizaram-se diferentes beneficiamentos ao biofilme enquanto secava e depois de seco, com o objetivo de explorar diferentes texturas. Para estes testes usou-se: cloreto de sódio (NaCl, ou sal de cozinha), cera de abelha e óleo de coco.

Além dessas texturas, foi testada a possibilidade de crescer um biofilme apenas em água, sem adicionar chá ou açúcar, o que resultou num biofilme transparente e muito frágil.

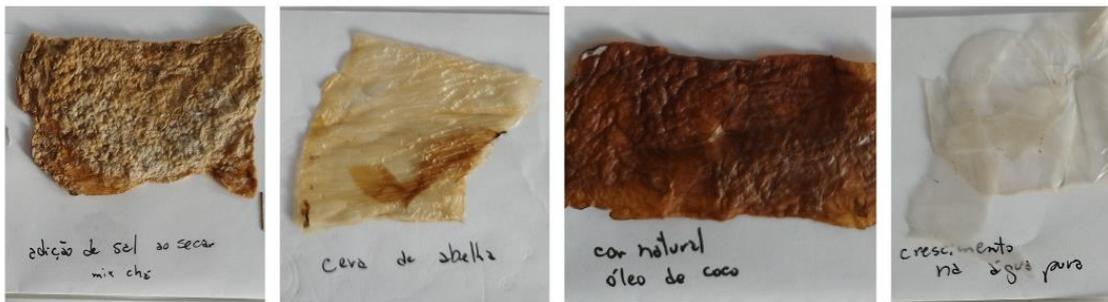


Figura 56 - Diferentes texturas, grupo de teste G

Ainda na procura de diferentes texturas, foram realizados testes de acabamentos diferentes ao biofilme ainda antes de secarem completamente, mas não se verificaram alterações significativas.



Figura 57 - Diferentes acabamentos, grupo de teste G

Teste de beneficiamento – resistência à água:

Por último, fez-se o teste de resistência à água em três biofilmes: natural, com cobertura de cera de abelha e com cobertura de óleo de coco. Foram expostos à água por alguns minutos e observados para compreender se adiciona alguma resistência à água, mas não foi obtido resultados conclusivos.



Figura 58 - Teste de resistência à água

3.2 Design com o biofilme

Com os resultados das experiências coletados, foi planejado a elaboração de uma coleção de peças feitas com o biofilme de *kombucha*. O processo para tal execução e suas etapas estão apresentados a seguir.

3.2.1 Conceito das propostas de vestimentas

Após análise do material a ser trabalhado e seus desafios, defini como conceito para a criação do design das peças as formas, cores e texturas orgânicas do processo de cicatrização de um hematoma na pele humana.

Um hematoma é uma área de sangramento sob a pele causada pela ruptura de pequenos vasos sanguíneos, são benignos e resolvem-se espontaneamente em semanas quando o corpo reabsorve o sangue e os tecidos danificados se regeneram (The American Society of Hematology, 2019).

Vejo um paralelo com o intuito do uso de biomateriais na moda, onde uma indústria importante vê-se causando estragos e necessita encontrar uma maneira de produzir artigos que se reintegram à natureza, sem danificá-la. Assim como no biofilme, as cores e texturas de um hematoma mudam com o tempo até desaparecerem completamente.

Por estes motivos, elegeu-se o título Hemato (palavra grega, origem da palavra hematoma) para essa pequena coleção teste do uso do biofilme de *kombucha* colorido



Figura 60 - Processo de design: construção dos protótipos

3.2.3 Esboços de ideias

Para os esboços das peças, foi preciso levar em consideração a dificuldade de trabalhar com um material experimental e novo. Algumas ideias foram diretamente trabalhadas em *moulage*, sem um esboço exato pré-determinado. Na Figura 61 encontra-se um compilado das ideias esboçadas, com ilustração das técnicas aplicadas e cores desejadas, para versão ampliada ver Apêndice III.



Figura 61 - Esboços

3.2.4 Prototipagem

Na etapa de prototipagem, foram selecionadas quatro peças dentre os sete coordenados ilustrados. Essa escolha visou otimizar o aproveitamento do material disponível e possibilitar a experimentação de uma gama mais ampla de técnicas. Os moldes foram desenvolvidos em tamanho XS.

Durante a confecção, notou-se que o material é irregular com áreas mais frágeis, o que dificultou o processo e exigiu maior precisão e priorização de acabamentos manuais. Como são peças testes, não tem nível de perfeição pretendidos, especialmente por ser um material ainda experimental.

Abaixo (Figura 62, Figura 63, Figura 64 e Figura 65) encontram-se os protótipos realizados, onde trabalhou-se *moulage*, patchwork, recortes assimétricos, pregas, pinças, costura manual, costura em máquina, entre outras técnicas, com o objetivo de atingir a meta de perceber como melhor construir uma peça colorida com o biofilme. Para maiores

detalhes sobre os protótipos, consulte as fichas de apresentação presentes no Apêndice IV.



Figura 62 - Peça protótipo coleção Hemato, ref 001.

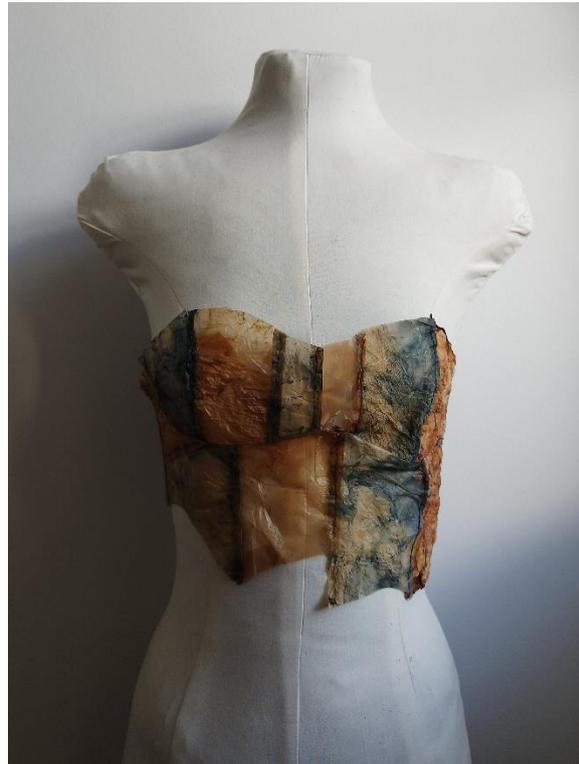


Figura 63 - Peça protótipo coleção Hemato, ref 002.



Figura 64 - Peça protótipo coleção Hemato, ref 003.



Figura 65 - Peça protótipo coleção Hemato, ref 004.

3.2.5 Teste de usabilidade

Relacionado ao vestuário, o termo usabilidade ainda é pouco explorado, sendo normalmente abordado a partir da ergonomia (Tagliaro & Nickel, 2020). Portanto, para o teste de usabilidade, foi levada em consideração a resistência e a ergonomia do biofilme de *kombucha* quando aplicado às peças protótipo.

Tendo em consideração que ergonomia, de acordo com Martins (2005), é o estudo da relação entre o corpo do indivíduo e o objeto produzido com propósito de uma melhor relação. Quando se cria uma peça de vestuário, é preciso ter a ergonomia em conta para resultar em uma peça prática (Martins, 2005).

A Tabela 1 abaixo, elenca os aspectos referentes à usabilidade do vestuário adaptados da pesquisa de Tagliaro & Nickel (2020) como ponto de partida para o teste de usabilidade. Para o teste, as peças foram vestidas por um indivíduo e o biofilme avaliado em relação aos aspectos elencados e, por fim, atribuído um valor de 1 a 5, onde o valor maior indica melhor desempenho do biofilme.

Aspectos referente à usabilidade do vestuário	Avaliação do biofilme em teste	Valor atribuído
<i>Facilidade de vestir e despir</i>	Apesar de ser um material mais rígido e estruturado, é possível vestir e despir sem auxílio de terceiros.	3
<i>Conforto</i>	O material em contato com a pele é em sua maior parte agradável, não é pesado, tem um caimento reto e não esvoaçante.	3
<i>Movimentação das articulações</i>	O material restringe os movimentos, por isso é preciso uma modelagem adequada para garantir a mobilidade.	2
<i>Consistência</i>	O material não apresenta uma consistência regular, sendo em algumas partes mais frágeis que outras.	1
<i>Facilidade de manutenção</i>	É fácil de limpar, apesar de não poder ser lavado submerso em água.	2
<i>Segurança</i>	Não é facilmente inflamável, permite transpiração e permite alcance. Contudo, não é resistente à humidade, fungos e bactérias.	3

Tabela 1 - Aspecto do teste de usabilidade.

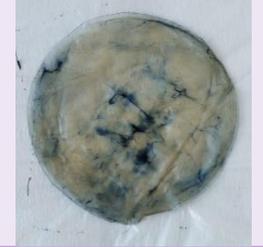
A maioria dos biofilmes, especialmente os mais espessos, adquiriram uma textura ressequida que influenciou negativamente o uso. Algumas peças exalaram odor intenso e persistente, o que prejudicou a experiência do usuário. Estes fatores apresentados deixam uma abertura para ampliar os estudos deste documento futuramente.

4. Resultados e conclusões

4.1 Resultados das experiências

Em suma, para melhor compreensão, abaixo há quadros que compilam os testes, seus processos e seus resultados de forma concisa. Apesar de terem sido executados em ocasiões diferentes (grupos), há testes que compartilham o mesmo processo e, por isso, tem seus resultados apresentados juntos.

4.1.1 Tingimento no crescimento do biofilme

CORANTE	RECIPIENTE	APÓS RETIRADA	BIOFILME SECO
<i>Couve roxa com pH ácido.</i>			
<i>Couve roxa com pH neutro.</i>			
<i>Beterraba.</i>			
<i>Açafrão.</i>			
<i>Índigo.</i>			

*Carvão natural
ativado.*

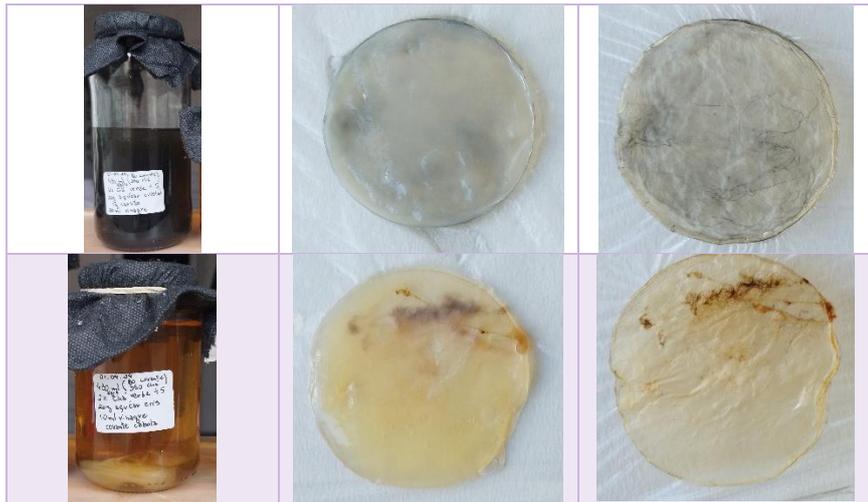


Tabela 2 - Corante no crescimento do biofilme.

Os resultados demonstrados na Tabela 2 demonstram as colorações obtidas no biofilme quando em contato com o banho de corante em sua fase de desenvolvimento. A síntese de celulose quando feita já em contato com uma coloração resultou em biofilmes de colorações distintas ao do processo padrão, portanto, este se mostra um método eficaz de tingir com corantes naturais, por isso, está presente no livro de receitas (Apêndice II).

Entre os corantes testados destacam-se o corante produzido com couve roxa de pH ácido e o corante produzido com açafrão, ao passo que os corantes com resultados menos satisfatórios ao nível de solidez foram o de carvão natural ativado e casca de cebola amarela. Tal desempenho inferior destes dois últimos pode estar relacionado ao desenvolvimento rápido de seus biofilmes, conforme mencionado anteriormente.

ALVEJANTE

RECIPIENTE

APÓS RETIRADA

BIOFILME SECO

Leite de arroz.



Sumo de limão.



Tabela 3 - Alvejante no crescimento do biofilme.

Em comparação à tonalidade dos biofilmes em crescimento sem alvejante natural, os resultados apresentados na Tabela 3 não apresentam um embranquecimento significativo, sendo seu uso pouco eficaz para alvejar o biofilme no presente estudo. No

entanto, por existir uma diferença de tonalidade, ainda que pequena, o processo está incluso no livro de receitas (Apêndice II).

4.1.2 Tingimento antes de secar biofilme

CORANTE	BANHO	RETIRADA 3 DIAS	BIOFILME SECO 3 DIAS	RETIRADA 7 DIAS	BIOFILME SECO 7 DIAS
<i>Couve roxa com pH ácido.</i>					
<i>Couve roxa com pH neutro.</i>					
<i>Beterraba.</i>					
<i>Açafrão.</i>					
<i>Índigo.</i>					
<i>Carvão natural ativado.</i>					

Cascas de cebola amarela.



Tabela 4 - Corante antes de secar biofilme.

Dos resultados presentes na Tabela 4, o corante de couve roxa pH neutro se destaca negativamente pela ausência de fidelidade de cor no biofilme após a secagem, enquanto os corantes de carvão natural ativado e de índigo se destacam por apresentarem colorações não uniformes. Em contrapartida, os demais resultaram em colorações satisfatórias, especialmente os que tiveram um período de banho maior.

	ALVEJANTE	BANHO	RETIRADA 3 DIAS	BIOFILME SECO 3 DIAS	RETIRADA 7 DIAS	BIOFILME SECO 7 DIAS
<i>Leite de arroz.</i>						
<i>Sumo de limão.</i>						

Tabela 5 - Alvejante antes de secar biofilme.

Assim como no processo de crescimento, o leite de arroz e o sumo de limão não apresentaram capacidade significativa de alvejar o biofilme, como visto na Tabela 5.

4.1.3 Tingimento após secar biofilmes

	CORANTE	BANHO	APÓS RETIRADA	BIOFILME SECO
<i>Couve roxa com pH ácido.</i>				

<i>Couve roxa com pH neutro.</i>			
<i>Beterraba.</i>			
<i>Açafrão.</i>			
<i>Índigo.</i>			
<i>Carvão natural ativado.</i>			
<i>Cascas de cebola amarela.</i>			

Tabela 6 - Corante após secar biofilme.

As colorações obtidas neste processo (Tabela 6) se destacam por sua saturação e uniformidade. Para o corante de cebola, por exemplo, este processo foi o mais bem-sucedido onde o biofilme seco final apresentou coloração muito próxima ao do corante inicial.

Apesar dos bons resultados, os corantes de couve roxa dos ambos níveis de acidez resultaram numa coloração fosca e diferente das obtidas previamente com os mesmos banhos.

ALVEJANTE	BANHO	APÓS RETIRADA	BIOFILME SECO
Leite de arroz.			
Sumo de limão.			

Tabela 7 - Alvejante após secar biofilme.

Levemente diferente dos experimentos anteriores de alvejamento, nos testes de tingimento após secagem do biofilme com impregnação do alvejante produzido com leite de arroz resultou um biofilme mais esbranquiçado que o inicial. Contudo, ainda não é um resultado conclusivo de seu uso como alvejante natural para o biofilme de *kombucha*.

4.2 Conclusões

Ao longo do desenvolvimento desta proposta de projeto final de mestrado aprimorei minhas habilidades em biodesign, criação de peças de vestuário com biomateriais e conciliação de criatividade com ergonomia. Por meio da imersão em diversos cenários, o processo me proporcionou valiosas lições sobre pesquisa científica e gestão de projetos.

Ao responder às questões de pesquisa, esta dissertação contribui para melhor compreensão das possibilidades do biofilme de *kombucha* e sua viabilidade como material têxtil. O livro de receitas documenta o processo de tingimento do biofilme com corantes naturais, enquanto os protótipos para a coleção Hemato exemplifica a criação de uma peça de vestuário colorida feita do biofilme. Contudo, o curto período e a falta de experiência não permitiram que resultasse uma peça com maior qualidade.

Apesar de ainda haver questões em aberto que servem como oportunidades para pesquisas futuras, acredito que consegui explorar as metodologias idealizadas para este processo, sendo a experiência um marco para minha vida profissional e acadêmica.

Em suma, ainda se vê a necessidade de aprimorar e aprofundar os estudos envolvendo biomateriais e, em específico, o tingimento do biofilme de *kombucha*. Conforme afirmam Hildebrandt et al. (2021), não é uma certeza que a inserção de biomateriais na indústria da moda será capaz de produzir um grande impacto positivo ou será apenas mais um material explorado, portanto, há um futuro de estudos e testes de aplicações do biofilme.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, B. T. R. D., & Nóbrega, C. M. (2017). *BioStudio: Seres vivos, tecidos e inovação*. Revista Brasileira de Design e Pesquisa, 15(1), 11-27. https://biostudiodesign.com.br/wp-content/uploads/2020/06/6_mixsustentavel2017.pdf
- Aditiawati, P., Dungani, R., Muharam, S., Sulaeman, A., Hartati, S., Dewi, M., & Rosamah, E. (2021, September 15). *The Nanocellulose Fibers from Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast (SCOBY) Kombucha: Preparation and Characterization*. Wwww.intechopen.com; IntechOpen. <https://www.intechopen.com/chapters/75357>
- Andreablum (n.d.). *Kombucha Fabric*. Instructables. <https://www.instructables.com/Kombucha-Fabric/>
- Azevedo, J. J. R. (2010). *Poluição pela Indústria Têxtil*. Revista Brasileira de Meio Ambiente, 1(1), 1-12.
- Barauna, D., & Renck, G. E. (2021). *Sustentabilidade na cadeia da moda e o design de biomateriais têxteis*. Repositorio.ufsc.br. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/228981>
- Castro, F. (2019). *Tintex usa tingimento natural à base de extratos de plantas e cogumelos*. ECO. <https://eco.sapo.pt/2019/12/05/textil-e-a-segunda-industria-mais-poluente-do-mundo-ha-uma-empresa-portuguesa-que-tinge-tecidos-com-extratos-de-plantas-e-cogumelos/>
- Cole, A. (2019). *Kombucha leather material*. GreenLab. <https://wiki.greenlab.org/2019/05/09/kombucha-leather-material/>
- Constant, P. B. L., Stringheta, P. C., Sandi, D. (2002). *Corantes alimentícios*. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 20(2). https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Stringheta/publication/274171858_Corantes_alimenticios/links/5652f58f08ae4988a7af30d2/Corantes-alimenticios.pdf
- Dean, J. (2010). *Wild color: the complete guide to making and using natural dyes*. Watson-Guptill Publications.
- de Abreu, B. T. R. (2016). *BioStudio: Tingimento e estamparia de tecidos orgânicos utilizando bactérias*. DObra[S]: Revista da Associação Brasileira de Estudos de Pesquisas em Moda, 9(19), 88–110. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6277804>

- de Araújo, M. E. M. (2006). *Corantes naturais para têxteis—da antiguidade aos tempos modernos. Conservar património*, (3-4), 39-51. <https://www.redalyc.org/pdf/5136/513653427004.pdf>
- Duarte, A. R. D. S. (2021). *Design têxtil e moda: Tingimento através de microrganismos*. Universidade de Lisboa (Portugal), ProQuest Dissertations Publishing. <https://www.proquest.com/openview/9adf84176f639c67c6e920c65b674e95/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Freeman, C. E., Gillon, F., James, M., French, T., & Ward, J. (2016). *Production of microbial leather from culled sweet potato sugars via kombucha culture*. In International Textile and Apparel Association Annual Conference Proceedings 73(1). Iowa State University Digital Press. <https://www.iastatedigitalpress.com/itaa/article/id/3090/>
- Feghali, M. K., & Dwyer, D. (2020). *As engrenagens da moda*. Editora Senac Rio.
- Garcia, I. H. (2023). *Ivan Hunga Garcia: manual of care and use*. @ivanhungagarcia. <https://ivanhungagarcia.com/>
- Grushkin, Daniel (2015). *Meet woman who wants growing clothing in a lab*. Popular Science. <https://www.popsci.com/meet-woman-who-wants-growing-clothing-lab>
- Heller, E. (2000). *A psicologia das cores* (11a ed.). Espanha: Garamond.
- Hildebrandt, J., Thrän, D., & Bezama, A. (2021). *The circularity of potential bio-textile production routes: Comparing life cycle impacts of bio-based materials used within the manufacturing of selected leather substitutes*. Journal of Cleaner Production, 287, 125470. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125470>
- Hoke, M. (2017). *SCHINDEN / FLAY*. MOYA HOKE. <https://moyahoke.com/conceptual/schinden-flay/>
- Jones, S. J. (2005). *Fashion design: O manual do estilista*. Watson-Guptill Publications.
- Juliano, L. N., & Pacheco, S. (2009). *Estamparia e beneficiamento têxtil*. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina—CEFET/SC. 1ª Ed. Santa Catarina, Brasil.
- JM. (2016). *Maschabiohack*. Wordpress. <https://maschabiohack.wordpress.com/>
- Kratz, L. (2016). *O processo criativo para o designer de moda*. Estudos Em Design, 24(1). <https://doi.org/10.35522/eed.v24i1.302>

- Lee, S. (2011). *Grow your own clothes*. TED. https://www.ted.com/talks/suzanne_lee_grow_your_own_clothes
- Martin, B., & Hanington, B. (2012). *Universal methods of design: 100 ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions*. Rockport Publishers.
- Martins, S. B. (2005). *O conforto no vestuário: uma interpretação da ergonomia : metodologia para avaliação de usabilidade e conforto no vestuário*. Bdt.d.ibict.br. https://bdt.d.ibict.br/vufind/Record/UFSC_e61442536e99e73eb4276fcf54771370
- Mohammad-Khah, A., & Ansari, R. (2009). Activated Charcoal: Preparation, characterization and Applications : A review article. *International Journal of ChemTech Research CODEN*, 1(4), 859–864. <http://www.oxinchemistry.ir/wp-content/uploads/2017/05/ACTIVATED-CARBON.pdf>
- Morais, C. C. C. P. (2013). A sustentabilidade no design de vestuário. Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Arquitectura. https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/6927/1/TeseFinal_CarlaMorais.pdf
- Myers, W., & Antonelli, P. (2018). *Bio design: nature, science, creativity*. Museum Of Modern Art.
- Natsai, C., Ginsberg, A. D., Lee, S., Agapakis, C., Vilutis, J. (2019). *Design with science*. Journal of Design and Science. <https://jods.mitpress.mit.edu/>
- Nguyen, H. T., Saha, N., Ngwabebhoh, F. A., Zandrea, O., Saha, T., & Saha, P. (2021). *Kombucha-derived bacterial cellulose from diverse wastes: a prudent leather alternative*. *Cellulose*, 28, 9335-9353. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-04100-5>
- Pasquini, A. (2023). *Kleis δύο, my materials research told through trends*. Class textiles academy. <https://class.textile-academy.org/2023/alessia-pasquini/project/#growing-the-future-making-the-future>
- Pezzolo, D. B. (2021). *Tecidos: história, tramas, tipos e usos*. Editora Senac, São Paulo.
- Pires, A. L. R., Bierhalz, A. C., & Moraes, A. M. (2015). *Biomateriais: tipos, aplicações e mercado*. In A. L. R. Pires, A. C. Bierhalz, & A. M. Moraes (Eds.), *Biomateriais: avanços e aplicações* (pp. 957-971). Editora UFLA.
- Plácida, M. (2013). *A importância da linguagem do vestuário e a influência da globalização sobre a mesma*. Universidade da Beira Interior (Portugal). ProQuest Dissertations Publishing.

<https://www.proquest.com/openview/668bd19d734ec57cf2f1614be9f93051/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>

- Primiani, C. N., Mumtahanah, M., & Ardhi, W. (2018). *Kombucha fermentation test used for various types of herbal teas*. In Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1025/1/012073/meta>
- Priyadharshini, T., Nageshwari, K., Vimaladhasan, S., Parag Prakash, S., & Balasubramanian, P. (2022). *Machine learning prediction of SCOBY cellulose yield from Kombucha tea fermentation*. Bioresource Technology Reports, 18, 101027. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101027>
- Radnaeva, S. (2022). *SURZHANA RADNAEVA*. Class textiles academy. <https://class.textile-academy.org/2022/surzhana-radnaeva/>
- Raspanti, C. (2019). *Biofabricating materials*. Class Textile Academy: <https://class.textile-academy.org/classes/2019-20/week05A/>
- Raspanti, C. (2020). *BioChromes*. Class Textile Academy: FabricAcademy. <https://class.textile-academy.org/classes/2020-21/week04/>
- Raspanti, C. (2023). *Biofabricating materials*. Class Textile Academy: FabricAcademy. <https://vimeo.com/877570316/b94e6a419d?share=copy>
- Rodrigues, A. (2023). *RDD Textiles na linha de frente dos corantes ecológicos*. Jornal T, Portugal. <https://jornal-t.pt/noticia/rdd-textiles-na-linha-da-frente-dos-corantes-ecologicos/>
- Sanches, M. C. D. F. (2008). "Projetando moda: diretrizes para a concepção de produtos". *Design de moda: olhares diversos* (D. B. Pires, Org.). Barueri, SP: Editora Estação das Letras e Cores, pp. 289-302.
- Santos, V. M. C., Degrave, W., Flemming, L., Rocha, J. R., Gonçalves, E. T., & Mello, Y. (2019). *A Utilização de novas tecnologias na moda - Aplicação de tecido orgânicos fabricados a partir de Kombucha na confecção de bolsas e acessórios da moda*. Repositorio.ufsc.br. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/24488>
- Santos, M. J. dos. (2016). *Kombucha: caracterização da microbiota e desenvolvimento de novos produtos alimentares para uso em restauração*. Run.unl.pt. <https://run.unl.pt/handle/10362/19346>
- Scarpitti, C., & Valsecchi, F. (2023). For a Coexistence with the More-Than-Human: Making Biomaterials from a Philosophical Perspective. *Sustainability*, 15(6), 5464–5464. <https://doi.org/10.3390/su15065464>

- Seivewright, S. (2007). *Research and design: the systematic investigation into and study of materials and sources: a drawing produced to show the look and function or workings of a garment before it is made*. Ava Academia, Cop.
- Sousa, K. P. F. (2019). *Insumos ecológicos aplicados à estamparia têxtil como alternativa para um processo sustentável*. Repositorio.ufsc.br. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/200309>
- Tagliaro, G., & Nickel, E.M. (2020). *Métodos para avaliação de usabilidade: contribuições para o desenvolvimento do vestuário com foco nos usuários com limitações físicas*. *Projética*, 11(1), 60–60. <https://doi.org/10.5433/2236-2207.2020v11n1p60>
- The American Society of Hematology. (2019, May 10). Hematology.org. <https://www.hematology.org/>
- Trebbi, L. (n.d.). *Evolving matter: future of materials and design in biofabrication era*. Site.google. Acessado em fevereiro 7, 2024. <https://sites.google.com/uniroma1.it/evolvingmatter>
- van Deursen, L. (s.d.). BACTERIAL CELLULOSE. Lionne van Deursen, Projects. <https://www.lionnevandeursen.com/bacterialcellulose>
- van der Leest, E. (2014). *The biocouture bag & clutch*. Emmavanderleest.com. <https://emmavanderleest.com/portfolio/bag-2/>
- Vankar, P. S. (2000). *Chemistry of natural dyes*. *Resonance*, 5(10), 73–80. <https://doi.org/10.1007/bf02836844>

Bibliografia

DESIGN DE MODA

- Abreu, B. T. R., Lima, G., Correa, G., & Nóbrega, C. (2014). *BioStudio – Cultivando estampas vivas*. 2º CONTEXMOD, 1(2), 16. https://biostudiodesign.com.br/wp-content/uploads/2020/06/1_contexmod2014.pdf
- Alfie Mcmeeking, Dieckmann, E., & Cheeseman, C. R. (2024). *Production methods for bacterial biomaterials: A review*. *Materials Today Sustainability*, 25, 100623–100623. <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2023.100623>
- Andreablum (n.d.). *Kombucha Fabric*. Instructables. <https://www.instructables.com/Kombucha-Fabric/>
- Chakravorty, S., Bhattacharya, S., Chatzinotas, A., Chakraborty, W., Bhattacharya, D., & Gachhui, R. (2016). *Kombucha tea fermentation: Microbial and biochemical dynamics*. *International Journal of Food Microbiology*, 220, 63–72. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.12.015>
- de Abreu, B. T. R. (2016). *BioStudio: Tingimento e estamparia de tecidos orgânicos utilizando bactérias*. *DObra[S]: Revista da Associação Brasileira de Estudos de Pesquisas em Moda*, 9(19), 88–110. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6277804>
- de Araújo, M. E. M. (2006). *Corantes naturais para têxteis—da antiguidade aos tempos modernos. Conservar patrimônio*, (3-4), 39-51. <https://www.redalyc.org/pdf/5136/513653427004.pdf>
- Dean, J. (2010). *Wild color: the complete guide to making and using natural dyes*. Watson-Guptill Publications.
- Dias, M. M. A. (2018). *A superfície têxtil como elemento estético: Maison Margiela, um caso de estudo*. Universidade de Lisboa (Portugal), ProQuest Dissertations Publishing. <https://www.proquest.com/openview/a99fd82c1f3b0a0bf1441d9ed6bd7c1a/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Duerr, S. (2010). *The handbook of natural plant dyes: personalize your craft with organic colors from acorns, blackberries, coffee, and other everyday ingredients*. Timber Press.
- Freeman, C. E., Gillon, F., James, M., French, T., & Ward, J. (2016). *Production of microbial leather from culled sweet potato sugars via kombucha culture*. In *International Textile and Apparel Association Annual Conference Proceedings*

73(1). Iowa State University Digital Press.
<https://www.iastatedigitalpress.com/itaa/article/id/3090/>

- Feghali, M. K., & Dwyer, D. (2020). *As engrenagens da moda*. Editora Senac Rio.
- García, C., & Prieto, M. A. (2018). *Bacterial cellulose as a potential bioleather substitute for the footwear industry*. *Microbial Biotechnology*, 12(4), 582–585.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6559202/pdf/MBT2-12-582.pdf>
- Garcia, I. H. (2023). *Ivan Hunga Garcia: manual of care and use*. @ivanhungagarcia.
<https://ivanhungagarcia.com/>
- Grushkin, Daniel (2015). *Meet woman who wants growing clothing in a lab*. Popular Science. <https://www.popsci.com/meet-woman-who-wants-growing-clothing-lab>
- Heller, E. (2000). *A psicologia das cores* (11a ed.). Espanha: Garamond.
- Hoke, M. (2017). *SCHINDEN / FLAY*. MOYA HOKE.
<https://moyahoke.com/conceptual/schinden-flay/>
- Jewell, C. (2023). *Moda feita com vida: fundadora da Biofabricate, Suzanne Lee imagina um mundo material novo*. Revista da OMPI.
https://www.wipo.int/wipo_magazine_digital/pt/2023/article_0017.html
- Jones, S. J. (2005). *Fashion design: O manual do estilista*. Watson-Guption Publications.
- Juliano, L. N., & Pacheco, S. (2009). *Estamparia e beneficiamento têxtil*. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina–CEFET/SC. 1ª Ed. Santa Catarina, Brasil.
- Kratz, L. (2016). *O processo criativo para o designer de moda*. *Estudos Em Design*, 24(1).
<https://doi.org/10.35522/eed.v24i1.302>
- Kirsch, D. (2020). *The social impacts of the circular economy in the Global South: Circularity strategies and shared value creation in fashion social enterprises*. Utrecht University. <https://studenttheses.uu.nl/handle/20.500.12932/38335>
- Lee, S. (2011). *Grow your own clothes*. TED.
https://www.ted.com/talks/suzanne_lee_grow_your_own_clothes
- Martins, S. B. (2005). *O conforto no vestuário: uma interpretação da ergonomia : metodologia para avaliação de usabilidade e conforto no vestuário*. Bdt.d.ibict.br.
https://bdt.d.ibict.br/vufind/Record/UFSC_e61442536e99e73eb4276fcf54771370

- Natsai, C., Ginsberg, A. D., Lee, S., Agapakis, C., Vilutis, J. (2019). *Design with science*. Journal of Design and Science. <https://jods.mitpress.mit.edu/>
- Nguyen, H. T., Saha, N., Ngwabebhoh, F. A., Zandraa, O., Saha, T., & Saha, P. (2021). *Kombucha-derived bacterial cellulose from diverse wastes: a prudent leather alternative*. *Cellulose*, 28, 9335-9353. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-04100-5>
- Palmer, Helen (2023). *Advanced Materials 2028*. WGSN. <https://www.wgsn.com/fashion/article/64adc3cd0317f2eeaad4d1a8>
- Pasquini, A. (2023). *Kleis dúo, my materials research told through trends*. Class textiles academy. <https://class.textile-academy.org/2023/alessia-pasquini/project/#growing-the-future-making-the-future>
- Pezzolo, D. B. (2021). *Tecidos: história, tramas, tipos e usos*. Editora Senac, São Paulo.
- Pires, J. O. (2016). *Design de superfície em estamparia têxtil: A influência da estampa na vida cotidiana e suas técnicas*. RIC-CPS. <http://ric-cps.eastus2.cloudapp.azure.com/handle/123456789/382>
- Plácida, M. (2013). *A importância da linguagem do vestuário e a influência da globalização sobre a mesma*. Universidade da Beira Interior (Portugal). ProQuest Dissertations Publishing. <https://www.proquest.com/openview/668bd19d734ec57cf2f1614be9f93051/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Primiani, C. N., Mumtahanah, M., & Ardhi, W. (2018). *Kombucha fermentation test used for various types of herbal teas*. In *Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1025/1/012073/meta>
- Radnaeva, S. (2022). *SURZHANA RADNAEVA*. Class textiles academy. <https://class.textile-academy.org/2022/surzhana-radnaeva/>
- Sanches, M. C. D. F. (2008). "Projetando moda: diretrizes para a concepção de produtos". *Design de moda: olhares diversos* (D. B. Pires, Org.). Barueri, SP: Editora Estação das Letras e Cores, pp. 289-302.
- Santos, C. B. D. S. D. (2018). *Impressão botânica em têxteis*. RIC-CPS. <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/2941>
- Santos, V. M. C., Degrave, W., Flemming, L., Rocha, J. R., Gonçalves, E. T., & Mello, Y. (2019). *A Utilização de novas tecnologias na moda - Aplicação de tecido orgânicos fabricados a partir de Kombucha na confecção de bolsas e acessórios da moda*. Repositorio.ufsc.br. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/24488>

- Seivewright, S. (2007). *Research and design: the systematic investigation into and study of materials and sources: a drawing produced to show the look and function or workings of a garment before it is made*. Ava Academia, Cop.
- Sousa, K. P. F. (2019). *Insumos ecológicos aplicados à estamparia têxtil como alternativa para um processo sustentável*. Repositorio.ufsc.br. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/200309>
- thr34d5. (2022). *Thr34d5*. <https://thr34d5.org/>
- The American Society of Hematology. (2019, May 10). Hematology.org. <https://www.hematology.org/>
- Trebbi, L. (n.d.). *Evolving matter: future of materials and design in biofabrication era*. Site.google. Acessado em fevereiro 7, 2024. <https://sites.google.com/uniroma1.it/evolvingmatter>
- Treptow, D. (2007). *Inventando moda – Planejamento de coleção*. Brusque: D. Treptow, 4.
- van Caem, R. (2020). *Week 6: bio fabricating materials*. Class textile academy. <https://class.textile-academy.org/2021/rebecca.caem/assignments/week06/>
- van der Leest, E. (2014). *The biocouture bag & clutch*. Emmavanderleest.com. <https://emnavanderleest.com/portfolio/bag-2/>

CORANTE NATURAIS

- Cuchinski, A. S., Caetano, J., & Dragunski, D. C. (2010). Extração do corante da beterraba (*Beta vulgaris*) para utilização como indicador ácido-base. *Eclética Química*, 35(4), 17–23. <https://doi.org/10.1590/s0100-46702010000400002>
- Constant, P. B. L., Stringheta, P. C., Sandi, D. (2002). Corantes alimentícios. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 20(2). https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Stringheta/publication/274171858_Corantes_alimenticios/links/5652f58f08ae4988a7af30d2/Corantes-alimenticios.pdf
- Dean, J. (2010). *Wild color: the complete guide to making and using natural dyes*. Watson-Guptill Publications.
- Duerr, S. (2010). *The handbook of natural plant dyes: personalize your craft with organic colors from acorns, blackberries, coffee, and other everyday ingredients*. Timber Press.

SUSTENTABILIDADE

- Abreu, B. T. R. D., & Nóbrega, C. M. (2017). *BioStudio: Seres vivos, tecidos e inovação*. Revista Brasileira de Design e Pesquisa, 15(1), 11-27. https://biostudiodesign.com.br/wp-content/uploads/2020/06/6_mixsustentavel2017.pdf
- Abreu, B. T. R., & Nóbrega, C. M. (2015). *BioStudio: do tecido plano ao cultivo de tecidos vivos*. Revista Textiles e Confecções, 26(1), 40-48. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/19289>
- Azevedo, J. J. R. (2010). *Poluição pela Indústria Têxtil*. Revista Brasileira de Meio Ambiente, 1(1), 1-12.
- Baptista, I. M. M. R. C. (2021). *Pele de peixe - Estudo de processos e práticas de produção de material para o design*. ProQuest Dissertations, Universidade de Lisboa. <https://www.proquest.com/openview/cbd6c942a99522fe3e1a9b668a454ec7/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Barauna, D., & Renck, G. E. (2021). *Sustentabilidade na cadeia da moda e o design de biomateriais têxteis*. Repositorio.ufsc.br. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/228981>
- Bezirhan Arikan, E., & Duygu Ozsoy, H. (2015). A Review: Investigation of Bioplastics. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 9(2). <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2015.02.007>
- Castro, F. (2019). *Tintex usa tingimento natural à base de extratos de plantas e cogumelos*. ECO. <https://eco.sapo.pt/2019/12/05/textil-e-a-segunda-industria-mais-poluente-do-mundo-ha-uma-empresa-portuguesa-que-tinge-tecidos-com-extratos-de-plantas-e-cogumelos/>
- Cole, A. (2019). *Kombucha leather material*. GreenLab. <https://wiki.greenlab.org/2019/05/09/kombucha-leather-material/>
- van Deursen, L. (s.d.). BACTERIAL CELLULOSE. Lionne van Deursen, Projects. <https://www.lionnevandeursen.com/bacterialcellulose>
- Dragoné, G. I. (2023). *Polybion and GANNI Fabrics of the Future unveil stunning bacterial cellulose-made blazer*. Polybion. <https://www.polybion.bio/stories/polybionxganni/>
- Duarte, A. R. D. S. (2021). *Design têxtil e moda: Tingimento através de microrganismos*. Universidade de Lisboa (Portugal), ProQuest Dissertations Publishing.

<https://www.proquest.com/openview/9adf84176f639c67c6e920c65b674e95/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>

- Freeman, C. E., Gillon, F., James, M., French, T., & Ward, J. (2016). *Production of microbial leather from culled sweet potato sugars via kombucha culture*. International Textile and Apparel Association Annual Conference Proceedings, 73(1). <https://www.iastatedigitalpress.com/itaa/article/id/3090/>
- Hildebrandt, J., Thrän, D., & Bezama, A. (2021). *The circularity of potential bio-textile production routes: Comparing life cycle impacts of bio-based materials used within the manufacturing of selected leather substitutes*. Journal of Cleaner Production, 287, 125470. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125470>
- Jakab, K., Marga, F., Kaesser, R., Chuang, T.-H., Varadaraju, H., Cassingham, D., Lee, S., Forgacs, A., & Forgacs, G. (2019). *Non-medical applications of tissue engineering: biofabrication of a leather-like material*. Materials Today Sustainability, 5, 100018. <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2019.100018>
- Laschuk, T. (2008). *Aplicação de têxteis inteligentes a produtos de design de moda*. Universidade do Minho (Portugal), ProQuest Dissertations Publishing. <https://www.proquest.com/openview/9c366a880c73264a8a1a615a0b6dea7b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Laurin, S. (2023). *It all began with a slice of cheese*. Kombucha Jewelry and Couture. <http://www.kombuchacouture.com/>
- Le Guern, C. (2019). *Plastic Pollution*. Plastic-Pollution.org. <https://plastic-pollution.org/>
- Mohammad-Khah, A., & Ansari, R. (2009). Activated Charcoal: Preparation, characterization and Applications : A review article. *International Journal of ChemTech Research CODEN*, 1(4), 859–864. <http://www.oxinchemistry.ir/wp-content/uploads/2017/05/ACTIVATED-CARBON.pdf>
- Morais, C. C. C. P. (2013). *A sustentabilidade no design de vestuário*. Universidade Técnica de Lisboa, Faculdade de Arquitectura. https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/6927/1/TeseFinal_CarlaMorais.pdf
- Myers, W., & Antonelli, P. (2018). *Bio design: nature, science, creativity*. Museum Of Modern Art.
- Nguyen, H. T., Saha, N., Ngwabebhoh, F. A., Zandraa, O., Saha, T., & Saha, P. (2023). *Silane-modified kombucha-derived cellulose/polyurethane/polylactic acid biocomposites for prospective application as leather alternative*. Sustainable Materials and Technologies, 36, e00611. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2023.e00611>

- Oliveira, C. R. D. (2021). *A Biotecnologia como ferramenta de inovação para a indústria têxtil e de confecções: Estudo de caso SUI*. Universidade de São Paulo (Brasil). <http://www.realp.unb.br/jspui/handle/10482/42365>
- Pires, A. L. R., Bierhalz, A. C., & Moraes, A. M. (2015). *Biomateriais: tipos, aplicações e mercado*. In A. L. R. Pires, A. C. Bierhalz, & A. M. Moraes (Eds.), *Biomateriais: avanços e aplicações* (pp. 957-971). Editora UFLA.
- Pombinho, L. (n.d.). *Experiência “mensagens secretas coloridas”*. Agrupamento de Escolas Ordem de Sant’Iago, Escola Azul, Governo de Portugal.
- Raspanti, C. (2019). *Biofabricating materials*. Class Textile Academy: <https://class.textile-academy.org/classes/2019-20/week05A/>
- Raspanti, C. (2020). *BioChromes*. Class Textile Academy: FabricAcademy. <https://class.textile-academy.org/classes/2020-21/week04/>
- Raspanti, C. (2023). *Biofabricating materials*. Class Textile Academy: FabricAcademy. <https://vimeo.com/877570316/b94e6a419d?share=copy>
- Reshape. (n.d.). *RESHAPE19 | TALENTS Surzhana Radnaeva* – Reshape. Acesso em 21 de Fevereiro, 2024, de <https://youreshape.io/surzhana-radnaeva/>
- Rodrigues, A. (2023). *RDD Textiles na linha de frente dos corantes ecológicos*. Jornal T, Portugal. <https://jornal-t.pt/noticia/rdd-textiles-na-linha-da-frente-dos-corantes-ecologicos/>
- Scarpitti, C., & Valsecchi, F. (2023). For a Coexistence with the More-Than-Human: Making Biomaterials from a Philosophical Perspective. *Sustainability*, 15(6), 5464–5464. <https://doi.org/10.3390/su15065464>
- Silva, M. G. (2018). *Corantes naturais no tingimento e acabamento antimicrobiano e anti-UV de fibras têxteis*. Universidade do Minho (Portugal), ProQuest Dissertations Publishing. <https://www.proquest.com/openview/10875af6197a3ebc9c13fd9c19ca3d78/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>
- Silva, M. F. M. P. D., Moraes, V. B. D., Souza, L. L. D., Júnior, V. B., & Schulte, N. K. (2022). *Os biomateriais têxteis no contexto da Indústria 4.0: O exemplo das fibras das teias de aranhas*. In C. R. D. Oliveira, M. L. C. A. Barbosa, & L. A. C. M. Araújo (Orgs.), *Biotecnologia e sustentabilidade* (pp. 175-198). Editora UFLA. Repositorio.ufsc.br. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/245081>
- Suzuki, E. (2021, January 6). *Public School NY’s new “bio-leather” sneakers are brewed like kombucha*. MOLD: Designing the Future of Food. <https://thisismold.com/process/materials/public-school-nys-new-bio-leather-sneakers-are-brewed-like-kombucha>

Vankar, P. S. (2000). *Chemistry of natural dyes*. Resonance, 5(10), 73–80.
<https://doi.org/10.1007/bf02836844>

Verran, J., Wood, J., Redfern, J., Moravej, H., & Radclyffe-Thomas, N. (2023). *Hands On Biofilm! A multidisciplinary public engagement event using kombucha tea pellicle as an accessible example of biofilm*. Biofilm, 6, 100169.
<https://doi.org/10.1016/j.bioflm.2023.100169>

Yang, L., Dai, X., Meng, Y., Zhou, L., & Yue, X. (2023). *Comparative Study on Dyed Fabrics of Tea and Tea Stem Based on Kansei Engineering*. Sustainability, 15(2), 1134. <https://doi.org/10.3390/su15021134>

KOMBUCHA

Aditiawati, P., Dungani, R., Muharam, S., Sulaeman, A., Hartati, S., Dewi, M., & Rosamah, E. (2021, September 15). *The Nanocellulose Fibers from Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast (SCOBY) Kombucha: Preparation and Characterization*. Wwww.intechopen.com; IntechOpen.
<https://www.intechopen.com/chapters/75357>

Freitas, A., Sousa, P., & Wurlitzer, N. (2022). Alternative raw materials in kombucha production. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 30, 100594.
<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100594>

JM. (2016). *Maschabiohack*. Wordpress. <https://maschabiohack.wordpress.com/>

Marsh, A. J., O'Sullivan, O., Hill, C., Ross, R. P., & Cotter, P. D. (2014). *Sequence-based analysis of the bacterial and fungal compositions of multiple kombucha (tea fungus) samples*. Food Microbiology, 38, 171–178.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.09.003>

Priyadharshini, T., Nageshwari, K., Vimaladhasan, S., Parag Prakash, S., & Balasubramanian, P. (2022). *Machine learning prediction of SCOBY cellulose yield from Kombucha tea fermentation*. Bioresource Technology Reports, 18, 101027.
<https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101027>

Bergottini, V.M., & Bernhardt, D. (2023). *Bacterial cellulose aerogel enriched in nanofibers obtained from Kombucha SCOBY byproduct*. Materials Today Communications, 35, 105975–105975.
<https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2023.105975>

Santos, M. J. dos. (2016). *Kombucha: caracterização da microbiota e desenvolvimento de novos produtos alimentares para uso em restauração*. Run.unl.pt.
<https://run.unl.pt/handle/10362/19346>

METODOLOGIAS

Martin, B., & Hanington, B. (2012). *Universal methods of design: 100 ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions*. Rockport Publishers.

Tagliaro, G., & Nickel, E.M. (2020). *Métodos para avaliação de usabilidade: contribuições para o desenvolvimento do vestuário com foco nos usuários com limitações físicas*. *Projética*, 11(1), 60–60. <https://doi.org/10.5433/2236-2207.2020v11n1p60>

APÊNDICES

I. Transcrição entrevista informal

Entrevistado: Ivan Hunga Garcia

Data: 12/03/2024

Local: vídeo chamada (Google Meet)

Isabella: Olá, sou a Isabella, estudante de mestrado em Design de Moda na FAUL. Estou a fazer minha dissertação a respeito do uso do SCOBY para produzir peças de roupas e tomei conhecimento do teu excelente trabalho nesta área. Gostaria de saber se estarias disponível para conversarmos um pouco sobre a sua experiência com o material?

Ivan: Claro. O que tens vindo a estudar até agora?

Isabella: No momento estou a explorar quais as possibilidades de cores que podem ser alcançadas com o uso de corantes naturais e depois pretendo fazer uma peça de vestuário. Acredito que a maior questão no momento seria a respeito da resistência do material.

Ivan: A minha experiência é mais prática do que teórica, no sentido de que não tenho dados detalhados (...).

**Como a entrevista não foi gravada, aqui vão algumas notas tomadas pela entrevistadora:*

- Costuma armazenar o biofilme em água para depois secar e usar;
- Utiliza o próprio material para unir os recortes, como eles se colam, desta forma não uso costura;
- Não costuma encontrar dificuldades com o material, seu processo é artístico;
- Tem peças armazenadas há meses que nunca apresentaram problemas;
- Utiliza sal do Himalaia (cloreto de sódio) para escurecer o biofilme no processo de secagem;

II. Livro de receitas

BY: ISABELLA CARVALHO

**COLORING
KOMBUCHA
BIOFILM**

A CATALOGUE OF RECIPES TO
DYE BACTERIAL CELLULOSE
YELLOW, BLUE AND MAGENTA





CONTENT

- Introduction
- 02. Materials
- 03. Basic growing recipe
- 04. Magenta:
 - beetroot
 - acid red cabbage
- 05. Blue:
 - neutral red cabbage
 - indigo
- 06. Yellow:
 - saffron
 - onion skin
- 07. Neutrals:
 - black charcoal
 - brown
 - lemon juice
 - rice milk
- Credits

INTRODUCTION

WHAT IS BIOLEATHER

The term "bio-leather" refers to biological materials that embody the characteristics of both animal and synthetic leathers. We use this term to separate the material and differentiate its application, as it represents a novel addition to the production process. This material is categorised as a grown biomaterial and comes from the need to rethink the life cycle of products, especially those made from plastic (Raspanti, 2023).

WHAT IS KOMBUCHA BIOFILM

Kombucha biofilm is the result of the fermentation of tea and SCOBY (symbiotic culture of bacteria and yeast). The biofilm is made from cellulose and has similar properties to leather when dry, while it can sometimes behave like natural fibres. In nature, cellulose is the most abundant polymer derived from numerous sources, being the primary component of the plant cell wall. Bacterial cellulose, in particular, has excellent properties such as high chemical purity, high water retention capacity, high crystallinity, and hydrophilicity (the ability to attach to water) (Pnyadharshini et al., 2022).

NATURAL DYES

According to Araújo (2006), natural dyes are compounds that receive their colour from physical-chemical or biochemical reactions in plant or animal sources.



02. MATERIALS

MATERIALS

- spoon
- jars
- pH tester
- measuring tools
- strainer
- tongs

03. BASIC GROWING RECIPE

INGREDIENTS:

200ml Vinegar
200g Sugar
1 SCOBY alive
2 Green tea bag
2l Water

PROCESS

It begins with the preparation of the tea with sugar, then when cool down, the culture is added to the tea in a container that has the desired measurements for the final piece and is kept between 23° and 27° C, vinegar is added as necessary to balance the pH. After the biofilm reaches the container size and desired thickness, it is removed and washed with cold water and soap, then dried.

Once dry, it can be used for the desired purpose.

Basically, the caffeine present in tea stimulates the synthesis of bacterial cellulose, the vinegar helps to balance the pH so that it remains between 2.5 and 3.5pH, the sucrose in sugar acts as a source of nitrogen and carbon required for growth and ethanol is naturally produced during fermentation process.



BATH PROCESS

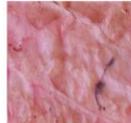
BEETROOT

To extract the pigment from beetroot, the process involves crushing, mixing and straining. 250g of beetroot previously steamed in 600ml of tap water, is crushed and then strained to use the result liquid as a colouring agent.

RED CABBAGE

The pigment extraction process to obtain the red dye from cabbage consists of boiling the leaves for 20 minutes or until the leaves begin to turn pink. Then it strains the mixture and there is only the liquid that will serve as dye. To obtain reddish tones we need a more acidic pH bath (around 1 and 4pH)

**MAGENTA:
BEETROOT**

in the process		result
	coloring at the growing process: add 80ml of dye to the growing batch. when thick enough, take out and let dry.	
	coloring before drying: add to a bath of 120ml dye, let it sit for three days. take it out and let dry.	
	coloring before drying: add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.	
	coloring after dried: add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.	

**MAGENTA:
ACID RED CABBAGE**

in the process		
	coloring at the growing process: add 80ml of dye to the growing batch. when thick enough, take out and let dry.	
	coloring before drying: add to a bath of 120ml dye, let it sit for three days. take it out and let dry.	
	coloring before drying: add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.	
	coloring after dried: add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.	

05. BLUE

BATH PROCESS

RED CABBAGE

The pigment extraction process to obtain the blue dye from cabbage consists of boiling the leaves for 20 minutes or until the leaves begin to turn pink. Then it strains the mixture and there is only the liquid that will serve as dye. To obtain blueish tones we need a more neutral pH bath, adding alkaline solutions to keep between 7pH and 9pH.

INDIGO

To make the bath, ½ gramme of indigo powder is diluted with 240 ml of water at 100°C. After that, the mixture is held at 50°C for a short while until it becomes homogeneous. When adding material to be coloured for cellulose fibres, the bath does not need to be heated; instead, the pH level needs to be between 9 and 10, which can be adjusted by adding sodium bicarbonate.

BLUE/GREEN: NEUTRAL RED CABBAGE

in the process



coloring at the growing process:
add 80ml of dye to the growing batch. when thick enough, take out and let dry.



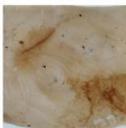
result



coloring before drying:
add to a bath of 120ml dye, let it sit for three days. take it out and let dry.



coloring before drying:
add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.

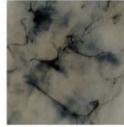


coloring after dried:
add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.

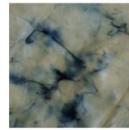


BLUE: INDIGO

in the process



coloring at the growing process:
add 80ml of dye to the growing batch. when thick enough, take out and let dry.



result



coloring before drying:
add to a bath of 120ml dye, let it sit for three days. take it out and let dry.

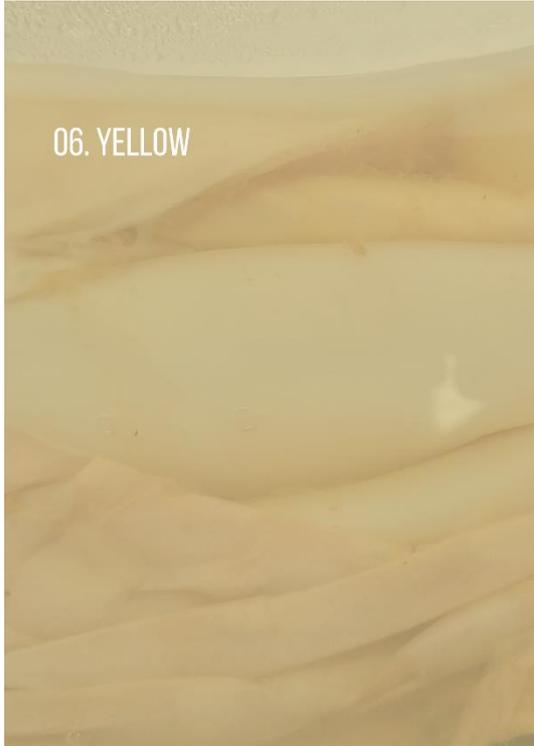


coloring before drying:
add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.



coloring after dried:
add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.



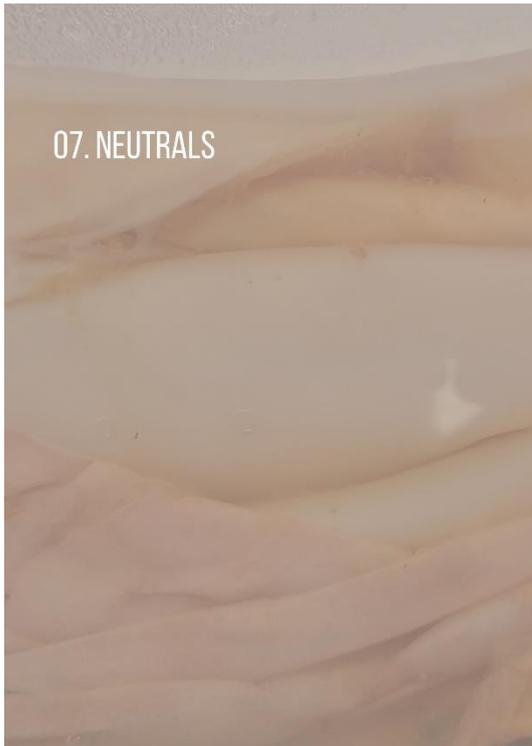


**YELLOW:
SAFFRON**

in the process		result
	coloring at the growing process: add 80ml of dye to the growing batch. when thick enough, take it out and let dry.	
	coloring before drying: add to a bath of 120ml dye, let it sit for three days. take it out and let dry.	
	coloring before drying: add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.	
	coloring after dried: add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.	

**YELLOW:
ONION SKIN**

in the process		result
	coloring at the growing process: add 80ml of dye to the growing batch. when thick enough, take it out and let dry.	
	coloring before drying: add to a bath of 120ml dye, let it sit for three days. take it out and let dry.	
	coloring before drying: add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.	
	coloring after dried: add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.	



07. NEUTRALS

BATH PROCESS

ACTIVATED NATURAL CHARCOAL

The dyebath can be prepared with 1g of activated natural charcoal powder diluted in 340ml of water at room temperature.

LEMON JUICE

The process consists of extracting lemon juice, submerging the fabric and leaving it exposed to the sun for a few hours until it reaches the desired shade.

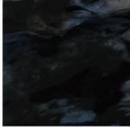
RICE MILK

The process to obtain the bleach bath from rice milk consists of submerged rice grains in water for approximately 24 hours. Then it is crushed, mixed and strained, the result can be used as a bleaching agent.

GREEN AND BLACK TEA

The process of making the tea is standert, boil the herbs in water. Since its added in the fermentation process, there is no need for a dyebath.

**BLACK:
ACTIVATED NATURAL CHARCOAL**

in the process		result
	coloring at the growing process: add 80ml of dye to the growing batch. when thick enough, take out and let dry.	
	coloring before drying: add to a bath of 120ml dye, let it sit for three days. take it out and let dry.	
	coloring before drying: add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.	
	coloring after dried: add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.	

**BLEACH:
LEMON JUICE**

in the process		result
	coloring at the growing process: add 80ml of dye to the growing batch. when thick enough, take out and let dry.	
	coloring before drying: add to a bath of 120ml dye, let it sit for three days. take it out and let dry.	
	coloring before drying: add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.	
	coloring after dried: add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.	

**BLEACH:
RICE MILK**

in the process



coloring at the growing process: add 80ml of dye to the growing batch. when thick enough, take out and let dry.



result



coloring before drying: add to a bath of 120ml dye, let it sit for three days. take it out and let dry.



coloring before drying: add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.



coloring after dried: add to a bath of 120ml dye, let it sit for seven days. take it out and let dry.



**BROWN:
GREEN AND BLACK TEA**

in the process



coloring at the growing process: add the green tea to the growing batch. when thick enough, take out and let dry.



result



coloring at the growing process: add black tea to the growing batch. when thick enough, take out and let dry.



CREDITS

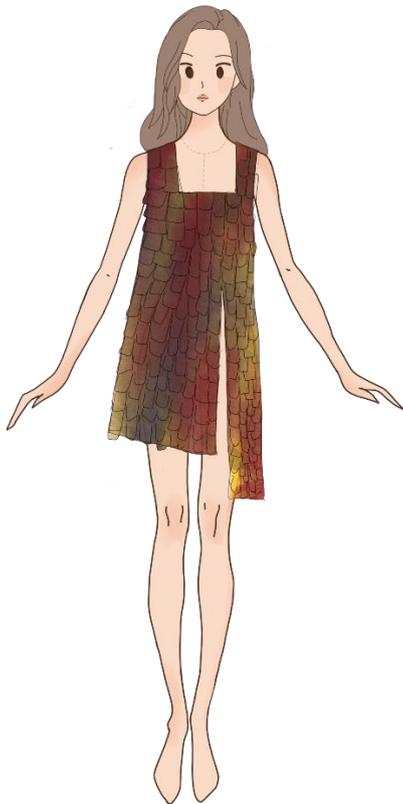
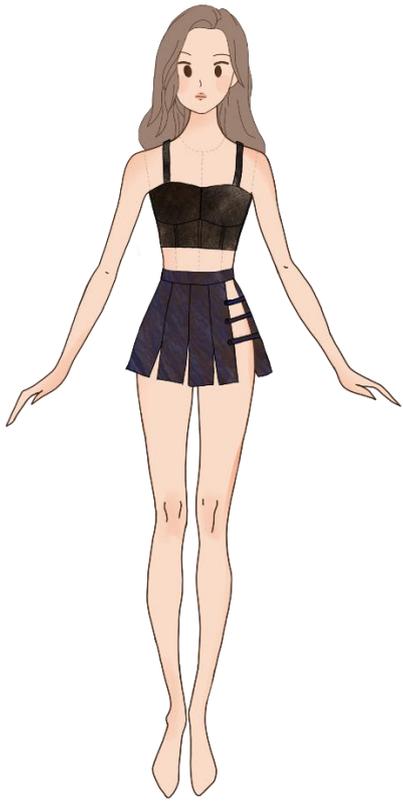
Isabella Carvalho

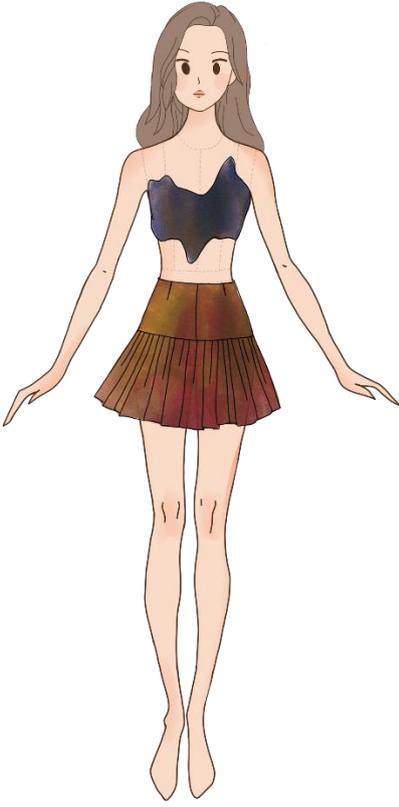
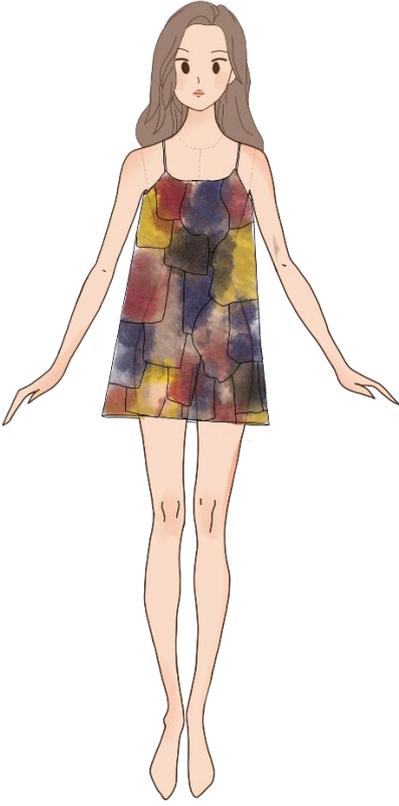
Carla Costa Pereira

Faculdade de Arquitectura,
Universidade de Lisboa

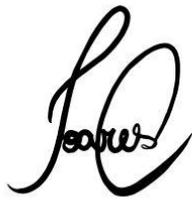
A CATALOGUE OF RECIPES TO
DYE BACTERIAL CELLULOSE:
YELLOW, BLUE AND MAGENTA
BY: ISABELLA CARVALHO

III. Esboços de ideias





IV. Fichas de apresentação



APRESENTAÇÃO

COLEÇÃO: HEMATO

REF: 001

MATERIAIS

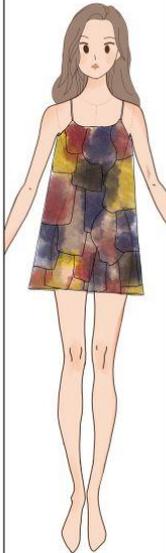


Biofilme de
Kombucha

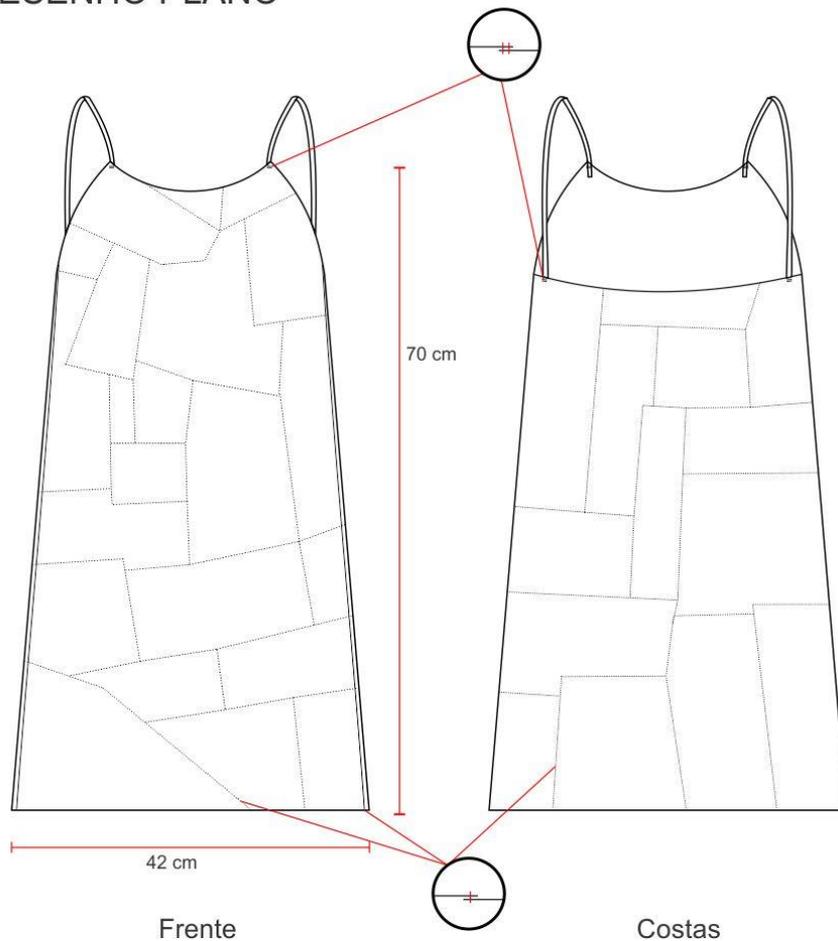


Linha 100% algodão

CROQUI



DESENHO PLANO

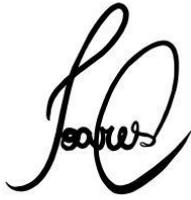


DESCRIÇÃO:

Vestido evasê com alças finas, decore arredondado e barra reta.
Construção em técnica de *patchwork*, costuras de união simples com linha branca.
União lateral reta dos painéis frente e costas.
Alças posicionadas com costura de ponto duplo.

CORANTES NATURAIS:

Açafrão, índigo, beterraba, couve roxa.



APRESENTAÇÃO

COLEÇÃO: HEMATO

REF: 002

MATERIAIS

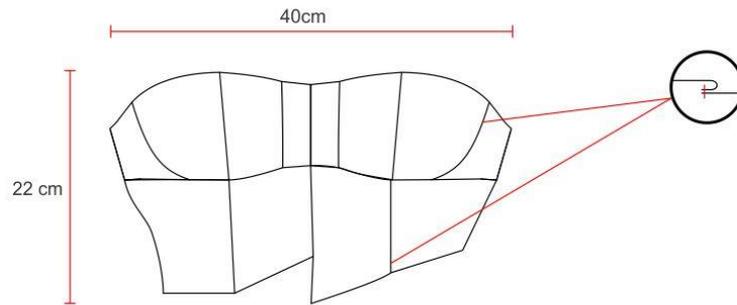


Biofilme de
Kombucha

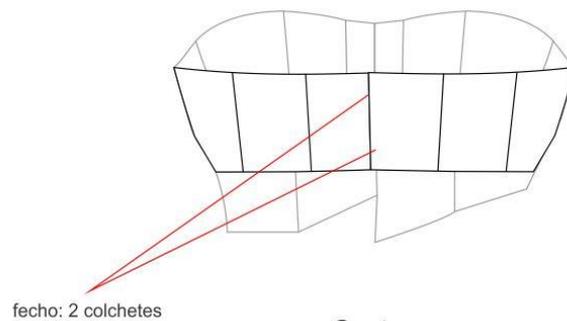


Linha 100% algodão
Colchete

DESENHO PLANO



Frente



Costas

CROQUI

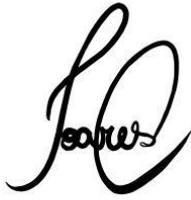


DESCRIÇÃO:

Top com recortes, moldado diretamente em drapping.
Decote arredondado estilo levemente coração.
Recortes assimétricos unidos por costuras simples tombada sem reforço.

CORANTES NATURAIS:

Índigo, beterraba.



APRESENTAÇÃO

COLEÇÃO: HEMATO

REF: 003

MATERIAIS



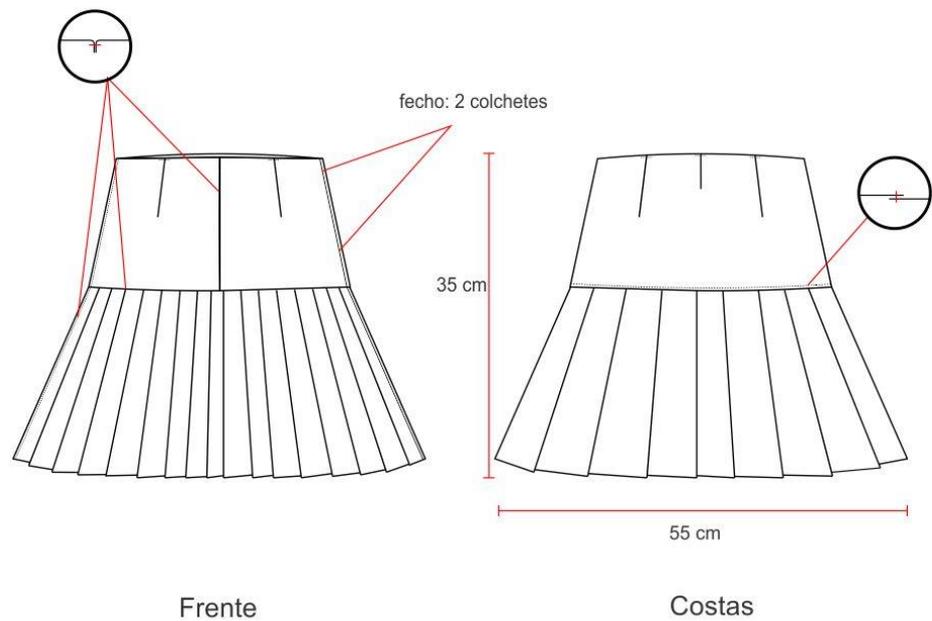
Biofilme de
Kombucha



Linha 100% algodão
Colchete

DESENHO PLANO

CROQUI

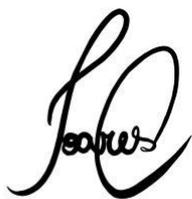


DESCRIÇÃO:

Saia com pregas, pinças na linha princesa, fechos em colchetes e pinça de ajuste traseiro.
Costura simples reta.

CORANTES NATURAIS:

Açafrão e couve roxa.



APRESENTAÇÃO

COLEÇÃO: HEMATO

REF: 004

MATERIAIS

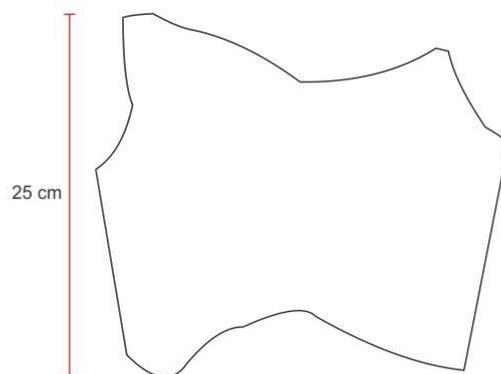


Biofilme de
Kombucha



Linha 100% algodão
Colchete

DESENHO PLANO



Frente



fecho: 2 colchetes



Costas

CROQUI



DESCRIÇÃO:

Top irregular moldado em material diretamente em drapping/moulage, fecho em colchetes.

CORANTES NATURAIS:

Índigo.