

Moda Ética e Sustentável Redefinida: O Papel Transformador da Celulose Bacteriana na Indústria Têxtil e do Vestuário

Versão final após defesa

Joana Rita Serra Custódio

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Design de Moda
(2^o ciclo de estudos)

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Isabel Cristina Aguiar de Sousa e Silva Gouveia
Coorientadora: Doutora Cláudia Filipa Duarte Mouro

julho de 2024

Declaração de Integridade

Eu, Joana Rita Serra Custódio, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição M12831 de Design de Moda da Faculdade de Artes e Letras, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referenciação de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã 08 / 07 /2024

Joana Custódio

Dedicatória

Para a minha família.

“Fashion is about two things: the evolution and the opposite.”

Karl Lagerfeld

Agradecimentos

Inicialmente, desejo expressar o meu profundo agradecimento a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta dissertação.

Agradeço à minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Isabel Gouveia, pelo tempo e dedicação dispensada para a realização desta investigação. A professora permitiu-me trabalhar num tema do meu interesse, aliado à ciência e à evolução futura, motivando-me a expandir os meus conhecimentos na busca por um mundo mais aprimorado. A sua orientação ao longo deste percurso, o seu conhecimento, as suas contribuições, a sua simpatia e a sua flexibilidade foram fundamentais para o desenvolvimento desta dissertação.

Agradeço à minha coorientadora, Dr.^a Cláudia Mouro, cujo apoio, amizade, auxílio, orientação e paciência foram incalculáveis. Sem dúvida que a palavra “obrigada” é insuficiente para expressar a gratidão que tenho para consigo. A doutora sempre esteve disposta a ajudar-me ao longo deste processo e sempre ofereceu coragem, motivação, ânimo e simpatia, para que pudesse concluir este estudo.

Agradeço ao Departamento de Ciências e Tecnologia Têxtil, pela disponibilidade do espaço do Laboratório de Química e Biotecnologia Têxtil, da Universidade da Beira Interior.

Agradeço aos meus pais, Emília Custódio e Carlos Custódio, pelo apoio constante e por me permitirem escolher os caminhos que ambicionei seguir. Sou grata a ambos, proporcionaram a minha formação e nunca duvidaram das minhas capacidades. Agradeço por sempre acreditarem em mim e incentivarem-me a alcançar os meus objetivos, oferecendo amor e suporte, sem os quais nada disso teria sido possível.

Agradeço aos meus avós, Josefa Martins e José Francisco, que compartilharam comigo os seus preciosos conselhos, através da sabedoria e do apoio incondicional que sempre ofereceram. Em especial, agradeço à minha avó, Josefa Martins, que generosamente se disponibilizou para auxiliar-me na confeção dos protótipos desenvolvidos.

Agradeço às minhas madrinhas, Graça Martins e Gertrudes Martins, que sempre demonstraram alegria e entusiasmo durante todo o meu percurso universitário. Sou

grata pela ajuda valiosa proporcionada aos meus estudos, contribuindo para o meu sucesso e desenvolvimento.

Agradeço a todos os meus amigos que, de alguma maneira, contribuíram para a evolução desta investigação. Em especial, agradeço ao Eduardo Monteiro, à Inês Reis e à Marta Roque, que sempre me incentivaram e forneceram o apoio moral necessário para concluir este trabalho. Os três sempre disseram que a resiliência era a minha característica mais marcante e que sabiam que a dissertação seria concluída dentro do prazo, independentemente dos dias bons e dos dias maus. Além disso, quero agradecer especialmente à Inês Reis e à Marta Roque pela boa disposição, genuinidade e ajuda extremamente essencial no processo do registo fotográfico. Ambas tiveram a capacidade de transformar momentos de tensão em momentos de orgulho e alegria, a vossa colaboração e amizade foi preciosa.

Por fim, e não menos importante, agradeço à restante família e amigos, que apesar da distância, sempre desejaram o sucesso. A todos, o meu sincero e profundo agradecimento.

Resumo

Num cenário de crescente preocupação ambiental e procura por práticas sustentáveis, a presente dissertação centra-se na criação de biomateriais utilizando uma abordagem inovadora e ética fundamentada nos avanços da Biotecnologia, a partir do uso de Celulose Bacteriana (CB) como matéria-prima para a Indústria Têxtil e do Vestuário (ITV). Em conjunto com o Design de Moda, a investigação explora a versatilidade da CB na produção de diversos biocompósitos, integrando elementos como biopolímeros e biocompostos, e examinando as suas propriedades estéticas e funcionais. Esses novos biotecidos podem ser aplicados em vários produtos do setor da moda, surgindo como alternativa aos têxteis convencionais, sobretudo os que são altamente prejudiciais para o meio ambiente e para a saúde dos demais seres vivos. Além disso, os biocompósitos de CB permitem a criação de biotêxteis únicos e contribuem para a redução do impacto negativo da ITV, promovendo uma Economia Circular (EC) ao utilizar excedentes de outras indústrias que causam danos ambientais.

Assim, a presente dissertação pretende acompanhar a crescente conscientização, iniciativas e leis vigentes sobre as questões éticas, tanto em termos de sustentabilidade quanto no respeito aos direitos dos seres vivos, destacando-se o papel do designer em adotar, promover e desenvolver produtos com materiais mais ecológicos, na procura por um mundo mais aprimorado, uma vez que a indústria está a passar por uma revolução com a introdução de novos materiais responsáveis e ecológicos.

Como resultado, a investigação culmina numa coleção-cápsula composta por peças de vestuário e acessórios que não apenas demonstram a viabilidade desses materiais, mas também inspiram uma mudança positiva no processo de produção, alinhando-se aos valores de preservação ambiental e respeito pelos seres vivos e cumprindo com os requisitos das questões éticas.

Palavras-chave

Indústria Têxtil e do Vestuário; Design de Moda; Biotecnologia Têxtil; Sustentabilidade; Materiais-Bioderivados; Celulose Bacteriana; Biocompósitos

Abstract

In a scenario of growing environmental concerns and demand for sustainable practices, this dissertation focuses on the creation of biomaterials using an innovative and ethical approach based on advancements in Biotechnology, utilizing Bacterial Cellulose (BC) as a raw material for the Textile and Apparel Industry (TAI). Together with Fashion Design, the research explores the versatility of BC in the production of various biocomposites, integrating elements such as biopolymers and biocomposites, and examining their aesthetic and functional properties. These new biotextiles can be applied to various fashion products, replacing conventional textiles that are highly harmful to the environment and the health of various species. Furthermore, BC biocomposites allow for the creation of unique biotextiles and contribute to reducing the negative impact of the TAI, promoting a Circular Economy (CE) by using waste from other industries that cause environmental damage.

Thus, this dissertation aims to align with the growing awareness, initiatives, and existing laws on ethical issues, both in terms of sustainability and respect for the rights of living beings, highlighting the role of the designer in adopting, promoting, and developing products with more eco-friendly materials in the pursuit of an improved world, as the industry is undergoing a revolution with the introduction of new responsible and ecological materials.

As a result, the research culminates in a capsule collection composed of clothing and accessories that not only demonstrate the viability of these materials but also inspire positive change in the production process, aligning with the values of environmental preservation and respect for living beings and fulfilling the requirements of ethical issues.

Keywords

Textile and Apparel Industry; Fashion Design; Textile Biotechnology; Sustainability; Bio-derived Materials; Bacterial Cellulose; Biocomposites

Índice

Resumo	xi
Abstract	xiii
Índice de Figuras	xix
Índice de Tabelas	xxv
Lista de Acrónimos	xxvii
Estrutura da Dissertação	1
Capítulo 1	3
1. Introdução	3
1.1. Definição e Contexto do Estudo	3
1.2. Questões da Investigação	4
1.3. Objetivos e Metodologias de Estudo	4
Capítulo 2	5
2. Enquadramento teórico	5
2.1. Evolução histórica dos materiais na Indústria Têxtil e do Vestuário	5
2.2. Evolução Tecnológica na Indústria Têxtil e do Vestuário	7
2.3. Princípios de Seleção de Materiais e Têxteis na Indústria Têxtil e do Vestuário	10
Capítulo 3	13
3. Indústria Têxtil e do Vestuário	13
3.1. Impacto ambiental da Indústria Têxtil e do Vestuário	13
3.2. Impacto social da Indústria Têxtil e do Vestuário	14
3.3. Questões Éticas na Indústria Têxtil e do Vestuário	15
3.3.1. Estratégias para as Questões Éticas	16
3.3.1.1. Abordagem Ética Controversa	18

Capítulo 4	20
4. Abordagens Biotecnológicas na Indústria Têxtil e do Vestuário	20
4.1. Biofibras, Biopolímeros e Biocompósitos	20
4.1.1. Celulose Bacteriana	21
4.1.1.1. Processo de Produção de Celulose Bacteriana	23
4.1.1.2. Aplicações na Indústria Têxtil e do Vestuário	24
4.1.2. Outros Biopolímeros e Biocompósitos	28
Capítulo 5	32
5. Desenvolvimento Laboratorial	32
5.1. Definição e Contexto do Estudo	32
5.1.1. Produção da Celulose Bacteriana	33
5.1.2. Recuperação da Celulose Bacteriana	33
5.1.3. Fragmentação da Celulose Bacteriana por Trituração	34
5.2. Desenvolvimento de Biocompósitos de Celulose Bacteriana	34
5.2.1. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Agar	36
5.2.2. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Alginato de Sódio	36
5.2.3. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Alginato de Sódio contendo Agentes Hidrofóbicos	43
5.2.3.1. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Alginato de Sódio contendo Policaprolactona	43
5.2.3.2. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Alginato de Sódio contendo Biolatex	44
5.2.3.3. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Alginato de Sódio contendo Persistol HP	45
5.2.3.4. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Alginato de Sódio contendo EVO Wet FES	46
5.2.4. Biocompósitos de Celulose Bacteriana Reconstituída	47
5.3. Avaliação da Hidrofilicidade da Superfície dos Biocompósitos Produzidos	48
Capítulo 6	49
6. Resultados e Discussão	49
6.1. Biocompósitos de Celulose Bacteriana Produzidos	49

6.2. Hidrofilicidade da superfície dos Biocompósitos de Celulose Bacteriana Produzidos	51
Capítulo 7	54
7. Processo Criativo	54
7.1. Introdução	54
7.2. Inspiração	55
7.2.1. Macrotendência	55
7.2.2. Perfil do Consumidor	56
7.2.3. Paleta de Cores	58
7.3. Conceito	59
7.3.1. Moodboard	60
7.4. Especificações Técnicas da Coleção-Cápsula	61
7.4.1. Ilustração: Primeiro Coordenado	62
7.4.2. Ilustração: Segundo Coordenado	62
7.4.3. Ilustração: Terceiro Coordenado	63
7.4.4. Ilustração: Quarto Coordenado	64
7.4.5. Ilustração: Quinto Coordenado	64
7.4.6. Fichas Técnicas: Quinto Coordenado	65
7.5. Planeamento e Produção da Coleção-Cápsula	67
7.5.1. Produção da Peça de Vestuário	67
7.5.2. Produção da Peça de Marroquinaria	68
7.5.3. Produção da Peça de Bijuteria	68
7.5.4. Custo Aproximado	69
7.6. Registo Fotográfico	72
Capítulo 8	74
8. Conclusão e Perspetivas Futuras	74
8.1. Conclusões	74
8.2. Perspetivas Futuras	75
Referências Bibliográficas	77

Índice de Figuras

Figura 1– Sobretudo da marca <i>Balenciaga</i> produzido com o material <i>EPHEA</i> . _____	8
Figura 2– Mala “ <i>Ella Bio Bag</i> ” da marca <i>Tory Burch</i> produzida com o material <i>Bio-Tex</i> . _____	8
Figura 3– Mala produzida pela <i>Beyond Leather Materials</i> a partir de resíduos de maçã. _____	8
Figura 4– Vestido do projeto <i>Primrose</i> desenvolvido pelo designer Christian Cowan. _	9
Figura 5– <i>Air Swipe Bag</i> da marca <i>Coperni</i> . _____	10
Figura 6– <i>Tesla Model 3</i> , 2018, composto com estofos de couro artificial. _____	19
Figura 7– Indumentária de Celulose Bacteriana (CB) desenvolvida por Suzanne Lee no projeto <i>Biocouture</i> . _____	25
Figura 8– Calçado <i>BioCouture Shoe</i> desenvolvido por Suzanne Lee e Liz Ciokajlo. ___	25
Figura 9– Peças desenvolvidas com CB por Galina Mihaleva e Abhik Chowdhury através do projeto <i>Bio-fabric-e</i> . _____	26
Figura 10– Blazer desenvolvido pela marca <i>Ganni</i> com <i>Celium</i> . _____	26
Figura 11– Brincos de CB desenvolvidos pelas designers Lia Gonçalves e Sílvia Araújo. _____	27
Figura 12– Acessórios desenvolvidos em CB utilizando água de coco pela marca <i>Malai</i> . _____	27
Figura 13– Fibra de agar-agar desenvolvida pela designer Thamires Pontes. _____	28
Figura 14– Fio de alginato desenvolvido pela <i>AlgiKnit</i> . _____	29
Figura 15– Produção de bioplásticos à base de alginato, glicerina e resíduos orgânicos. _____	30
Figura 16– Produção de calçado com malha e latex de borracha natural. _____	31
Figura 17– Produção da CB. _____	33

Figura 18– Procedimento de trituração da CB para subsequente utilização na produção dos biocompósitos. _____	34
Figura 19– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e agar (Experiências 1.A. e 1.B.). _____	36
Figura 20– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e agar (Experiências 1.A. e 1.B.). _____	36
Figura 21– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio (Experiência 2.A.). _____	37
Figura 22– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio (Experiência 2.A.). _____	37
Figura 23– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo flora, pó cromado e/ou brilhantes (Experiência 2.B.). _____	38
Figura 24– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo flora, pó cromado e/ou brilhantes (Experiência 2.B.). _____	38
Figura 25– Procedimento de trituração das cascas de fruta. _____	39
Figura 26– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo resíduos alimentares (Experiência 2.C.). _____	39
Figura 27– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo resíduos alimentares (Experiência 2.C.). _____	39
Figura 28– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo óleo de coco e resíduos alimentares (Experiência 2.D.). _____	40
Figura 29– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo óleo de coco e resíduos alimentares (Experiência 2.D.). _____	40
Figura 30– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo óleo de linho e resíduos alimentares (Experiência 2.E.). _____	41
Figura 31– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo óleo de linho e resíduos alimentares (Experiência 2.E.). _____	41

Figura 32– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo óleo de linho, óleo de coco e resíduos alimentares (Experiência 2.F.).	41
Figura 33– Preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo óleo de linho, óleo de coco e resíduos alimentares (Experiência 2.F.).	42
Figura 34– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo resíduos alimentares e revestido com uma mistura de óleo de linho e óleo de coco (Experiência 2.F.).	42
Figura 35– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo resíduos alimentares e revestido com uma mistura de óleo de linho e óleo de coco (Experiência 2.F.).	43
Figura 36– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo Policaprolactona (PCL) (Experiência 3.A.).	44
Figura 37– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo Policaprolactona (PCL) (Experiência 3.A.).	44
Figura 38– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo biolatex (Experiência 3.B.).	45
Figura 39– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo biolatex (Experiência 3.B.).	45
Figura 40– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo Persistol HP (Experiência 3.C.).	46
Figura 41– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo Persistol HP (Experiência 3.C.).	46
Figura 42– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo EVO Wet FES (Experiência 3.D.).	46
Figura 43– Esquema de preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo EVO Wet FES (Experiência 3.D.).	47
Figura 44– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB reconstituída (Experiências 4.A. e 4.B.).	47

Figura 45– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB reconstituída (Experiência 4.A.).	47
Figura 46– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB reconstituída com óleo de linho e óleo de coco (Experiência 4.B.).	48
Figura 47– Biocompósitos de CB e Agar (Experiências 1.A. e 1.B.)	49
Figura 48– Biocompósitos de CB e Alginato de Sódio (Experiências 2.A., 2.B., 2.C., 2.D., 2.E. e 2.F.)	50
Figura 49– Biocompósitos de CB e Alginato de Sódio, contendo agentes hidrofóbicos (Experiências 3.A., 3.B., 3.C. e 3.D.)	51
Figura 50– Biocompósitos de CB reconstituída (Experiências 4.A. e 4.B.).	51
Figura 51– Resultados da hidrofiliçidade dos biocompósitos produzidos.	53
Figura 52– Macrotendência “Ponto de Aceleração” da WGSN.	55
Figura 53– Estratégias da “Revolução bioindustrial” da macrotendência “Ponto de Aceleração” da WGSN.	56
Figura 54– Estratégias da “Ecologias Fluídas” da macrotendência “Ponto de Aceleração” da WGSN.	56
Figura 55– Sentimento do consumidor “Angústia moral” da WGSN.	57
Figura 56– Sentimento do consumidor “Anseio” da WGSN.	57
Figura 57– Perfis dos consumidores da WGSN.	58
Figura 58– Paleta de anual Primavera/Verão 2026 da WGSN.	58
Figura 59– Moodboard da coleção <i>Bio Imperfect</i> .	60
Figura 60– Paleta de cores da coleção <i>Bio Imperfect</i> .	60
Figura 61– Coleção-cápsula da <i>Bio Imperfect</i> .	61
Figura 62– Primeiro coordenado da coleção <i>Bio Imperfect</i> .	62
Figura 63– Segundo coordenado da coleção <i>Bio Imperfect</i> .	63

Figura 64– Terceiro coordenado da coleção <i>Bio Imperfect</i> . _____	63
Figura 65– Quarto coordenado da coleção <i>Bio Imperfect</i> . _____	64
Figura 66– Quinto coordenado da coleção <i>Bio Imperfect</i> . _____	65
Figura 67– Ficha técnica do quinto coordenado, relativamente ao vestido, da coleção <i>Bio Imperfect</i> . _____	65
Figura 68– Ficha técnica do quinto coordenado, relativamente à mala, da coleção <i>Bio Imperfect</i> . _____	66
Figura 69– Ficha técnica do quinto coordenado, relativamente aos brincos, da coleção <i>Bio Imperfect</i> . _____	66
Figura 70– Desenvolvimento da produção do vestido da coleção <i>Bio Imperfect</i> . ____	67
Figura 71– Desenvolvimento da produção da mala da coleção <i>Bio Imperfect</i> . ____	68
Figura 72– Desenvolvimento da produção dos brincos da coleção <i>Bio Imperfect</i> . ____	68
Figura 73– Registo fotográfico do coordenado 5 da coleção <i>Bio Imperfect</i> . _____	72
Figura 74– Registo fotográfico de brincos desenvolvidos da coleção <i>Bio Imperfect</i> . _	73

Índice de Tabelas

Tabela 1– Resumo das experiências realizadas.	35
---	----

Lista de Acrónimos

CB	Celulose Bacteriana
EC	Economia Circular
EDP	Energias de Portugal
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação
FIBFAB	<i>Industrialization of Biobased Textile Fabrics for Clothing Application</i>
IA	Indústria Alimentar
ISO	Organização Internacional de Normalização
ITV	Indústria Têxtil e do Vestuário
NASA	Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PAEC	Plano de Ação para a Economia Circular
PETA	<i>People for the Ethical Treatment of Animals</i>
PCL	Policaprolactona
PLA	Ácido Poliláctico
PU	Poliuretano
PVC	Policloreto de Vinila
PVP	Preço de Venda ao Público
SCOBY	Cultura Simbiótica de Bactérias e Leveduras
WGSN	<i>Worth Global Style Network</i>

Estrutura da Dissertação

A dissertação está estruturada em nove capítulos. O Capítulo 1 apresenta a introdução do tema da investigação. Os Capítulos 2, 3 e 4 são dedicados à revisão crítica e literária do que pretende estudar-se. O Capítulo 5 aborda o desenvolvimento laboratorial realizado, enquanto o Capítulo 6 apresenta os resultados e uma pequena discussão das experiências realizadas, no capítulo anterior. O Capítulo 7 explora o processo criativo, para a criação de uma coleção-cápsula. As conclusões da dissertação são discutidas no Capítulo 8 e, por fim, o Capítulo 9 transmite as perspetivas e melhorias futuras, da presente investigação.

Capítulo 1: Introdução

O primeiro capítulo apresenta o tema da presente investigação, nomeadamente a sua definição e contexto que vai estudar-se, como as questões da investigação, os objetivos, as metodologias utilizadas e as atividades, que serão executadas ao longo da dissertação, para a obtenção do grau de mestre.

Capítulo 2: Enquadramento Teórico

No segundo capítulo torna-se pertinente introduzir uma contextualização histórica da evolução dos materiais têxteis na Indústria Têxtil e do Vestuário (ITV). Neste capítulo, salientam-se os novos materiais, ligados ao avanço tecnológico e científico, que permitem diversas aplicações na indústria, bem como a sua importância e funções, de modo, a satisfazer as necessidades e os desejos dos consumidores.

Capítulo 3: Indústria Têxtil e do Vestuário

O terceiro capítulo aborda os diversos impactos que a ITV causa em termos ambientais e sociais, nomeadamente no cumprimento das questões éticas, salientando as frequentes leis e iniciativas relacionadas com a sustentabilidade e com a não exploração de animais e o uso de compostos químicos, tanto orgânicos quanto tóxicos, para produzir têxteis.

Capítulo 4: Abordagens Biotecnológicas na Indústria Têxtil e do Vestuário

No quarto capítulo, destaca-se a procura por uma solução holística, que atenda às questões éticas mencionadas no capítulo anterior, através de materiais mais responsáveis e aliados à evolução biotecnológica. Assim, a Celulose Bacteriana (CB) foi investigada na perspetiva de compreender a sua essência e em possíveis aplicações na indústria, bem como o uso de outros elementos igualmente responsáveis.

Capítulo 5: Desenvolvimento Laboratorial

No quinto capítulo, apresenta-se o trabalho laboratorial desenvolvido para a presente dissertação. Neste capítulo foram desenvolvidos diversos biocompósitos com biopolímeros e compostos altamente ecológicos, possibilitando a produção de biomateriais adequados para aplicações e setores da ITV. Os biocompósitos produzidos foram divididos em quatro seções distintas: biocompósitos de CB e agar, biocompósitos de CB e alginato de sódio, biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo agentes hidrofóbicos e, por fim, biocompósitos de CB reconstituída.

Capítulo 6: Discussão e Resultados

O sexto capítulo exhibe a discussão dos resultados obtidos a partir dos biocompósitos desenvolvidos em laboratório, abordando as suas características sensoriais, como aparência, odor e textura. Além disso, são analisados os resultados em termos de hidrofobicidade dos biocompósitos gerados, conduzidos através do teste da gota.

Capítulo 7: Processo Criativo

No sétimo capítulo é realizado o desenvolvimento criativo de uma coleção-cápsula composta por cinco coordenados, incluindo peças de vestuário, acessórios de marroquinaria e bijuteria. Este processo foi efetuado com base na investigação desenvolvida, considerando as tendências futuras e possíveis inspirações, com o objetivo de concretizar um conceito para um público-alvo específico.

Capítulo 8: Conclusões

O oitavo capítulo compreende as conclusões da investigação, abrangendo a análise dos resultados obtidos em relação às questões de investigação.

Capítulo 9: Perspetivas Futuras

No nono capítulo são apresentadas as possíveis melhorias da investigação que podem ser executadas num futuro próximo.

Capítulo 1

1. Introdução

1.1. Definição e Contexto do Estudo

Nesta dissertação, a investigação foca-se na procura por uma solução inteiramente ética que combina a ciência, a biotecnologia e o design para enfrentar um dos setores que mais impacto ambiental tem trazido para o nosso meio ambiente, a ITV. Esta indústria tem sido alvo de críticas devido ao elevado consumo de água e às emissões de dióxido de carbono. Este tema é de extrema relevância na atualidade, devido à escassez de recursos naturais e às crescentes preocupações ambientais, destacadas por diferentes organizações e ativistas.

Primeiramente, é indispensável analisar a evolução das fibras e dos novos materiais ao longo do tempo, desde a fibra proveniente de um animal até aos materiais artificiais e, mais recentemente, aos materiais elaborados a partir de excedentes alimentares, como exemplo. Em segundo lugar, é crucial destacar os impactos ambientais, sociais e económicos que a ITV provoca. Porém, também se torna imprescindível analisar as questões éticas que envolvem esta indústria, verificando tanto os aspetos negativos quanto as iniciativas que visam promover o cumprimento de práticas mais responsáveis.

No seguimento desta análise e respondendo às novas exigências e iniciativas, o foco principal desta dissertação é propor um novo material capaz de englobar de forma abrangente as questões éticas que agregam a ITV. Para isso, foi desenvolvido um trabalho experimental com base numa abordagem inovadora utilizando a CB como matéria-prima, resultando na criação de diversos biocompósitos. Estes novos materiais desenvolvidos no Laboratório de Química e Biotecnologia Têxtil, da Universidade da Beira Interior (UBI), foram aplicados no Design de Moda com o objetivo de explorar a sua viabilidade e potencialidades para substituir materiais convencionais na ITV. Deste modo, o propósito foi investigar e propor uma solução capaz de acompanhar a evolução desta indústria. Assim, a questão de investigação passou por compreender como os problemas éticos, incluindo não apenas o uso de materiais provenientes de recursos naturais, como os de origem animal, mas também aqueles derivados de compostos químicos, podem afetar consideravelmente as práticas da ITV, e como esse tema pode ser abordado de forma mais responsável e ecológica.

Nesse contexto, torna-se evidente o potencial benéfico desta investigação para a sociedade contemporânea, dada a relevância do avanço biotecnológico num período marcado pelo elevado desenvolvimento tecnológico, no qual se procuram soluções que englobem a responsabilidade social e ambiental. Além disso, esta investigação não só apresenta uma abordagem criativa e coerente para atender às exigências atuais, como também possibilita uma discussão

multidisciplinar abrangente, envolvendo diversas áreas, como o design, a engenharia, a ciência, a psicologia, entre outras.

1.2. Questões da Investigação

Os problemas éticos enfrentados pela ITV, que envolvem tanto o uso de materiais de origem animal quanto o uso de compostos químicos sintéticos, levantam questões sobre a sustentabilidade das práticas industriais e a necessidade de encontrar opções mais responsáveis. Será possível descobrir uma solução suficientemente ecológica que evite tanto os materiais de origem animal quanto os sintéticos e artificiais? Perante esta complexidade, será exequível desenvolver uma alternativa ética e de baixo impacto, como os biocompósitos compostos por CB e excedentes alimentares?

1.3. Objetivos e Metodologias de Estudo

Esta investigação possui dois tipos de objetivos: objetivos gerais e objetivos específicos. No que diz respeito aos objetivos gerais, inclui-se a análise do impacto ambiental causado pela ITV e a investigação de materiais que sustentem uma alternativa ética para essa problemática. Os objetivos específicos do estudo envolvem a exploração e a pesquisa para o desenvolvimento de uma solução ética para os desafios enfrentados pela ITV, além de avaliar como os novos biomateriais atendem às expectativas exigidas pelos indivíduos e pelas iniciativas mundiais.

Para garantir o sucesso da presente investigação foi realizada inicialmente a seleção de duas metodologias capazes de guiar a dissertação. Essas metodologias consistem em uma combinação de métodos, incluindo a metodologia quantitativa, que viabiliza a realização de várias experiências e a avaliação de um produto considerado mais ético com base em critérios específicos de ética e sustentabilidade, conforme definidos pelos objetivos da pesquisa.

Capítulo 2

2. Enquadramento teórico

2.1. Evolução histórica dos materiais na Indústria Têxtil e do Vestuário

Levando em consideração a história da humanidade, obtém-se a ideia de que os primeiros têxteis derivavam das peles provenientes de animais para criar variadas peças de vestuário, calçado e acessórios. Isso remota ao período do Paleolítico, quando os Neandertais habitavam a Terra e há suspeitas de que as fibras vegetais provenientes de plantas eram tecidas para a produção de têxteis. No entanto, é certo que os primeiros humanos, da espécie *Homo Sapiens*, desenvolveram diversos têxteis através de fibras vegetais, com o linho e algodão, a partir do entrelaçamento das plantas, há mais de 230 000 anos. Além disso, a espécie mais moderna dos *Homo Sapiens* procedeu ao desenvolvimento de peças para enfrentar o clima, especialmente o frio, mediante o envolvimento de diversas camadas de roupa, o que proporcionava um bom isolamento enquanto se moviam pela Europa Glaciar durante a última glaciação, em que diversas zonas da Europa ficaram cobertas de gelo (Sanders et al., 2021). Em virtude desta realidade, pode interpretar-se que as fibras provenientes de fontes naturais, eram torcidas manualmente para formar tecidos, que conseqüentemente, formavam um têxtil. Este processo evoluiu numa sociedade mais moderna, através do uso de diversas ferramentas manuais. Todavia, apenas durante a Revolução Industrial, no período de 1775 a 1825, ocorreu uma mudança significativa, onde o trabalho manual foi substituído por máquinas elétricas capazes de executar o trabalho de forma mecanizada. Isto possibilitou a produção em massa, originando *stocks* maiores e produtos mais baratos (Hearle, 2001).

No século XIX, começaram a surgir as fibras sintéticas e artificiais na ITV. Este avanço teve origem na seda, uma fibra natural produzida pelos bichos-da-seda, que era curta, variando de 1 a 10 cm, e necessitava de ser unida a fios mais longos para criar tecidos duráveis em grande escala. Como solução para isso, os laboratórios começaram a desenvolver seda artificial usando derivados de celulose, que podiam ser transformados em filamentos contínuos. Assim, surgiu o rayon, uma alternativa à seda natural, que foi comercializado pela primeira vez em 1905. A partir dessa invenção, os produtos sintéticos revolucionaram a ITV. No ano de 1938, o nylon começou a ser comercializado. Durante a década seguinte, o poliéster foi adicionado à variedade de fibras têxteis, seguido pelo acrílico, polipropileno e a lycra. Posteriormente, as fibras inorgânicas, como o vidro, a cerâmica, o carbono e o metal, começaram a ser exploradas na ITV, desempenhando um papel importante devido à sua capacidade de poderem ser transformadas em estruturas têxteis (Hearle, 2001; Sanders et al., 2021).

No século XXI, devido à degradação ambiental causada pelos materiais sintéticos e artificiais, que têm afetado consideravelmente o meio ambiente e a sobrevivência humana, a sociedade começou a despertar para uma consciência ambiental que evolui dia após dia. Este facto teve um maior impacto no ano de 2013, após o desastre de Rana Plaza, no Bangladesh, no qual 1 136 costureiras perderam a vida, levando os consumidores a reconhecerem os perigos de uma indústria que não cumpre as normas éticas exigidas (Liu & Ma, 2013; Yoon et al., 2020).

Este impacto social e ambiental é frequentemente atribuído às cadeias de *fast-fashion*, devido à constante estimulação que causam aos consumidores com produtos em constante atualização. Por esse motivo, algumas dessas cadeias criaram extensões com materiais certificados como sustentáveis, como é o caso da linha *Conscious* da *H&M* e a *Join Life* da *Zara*. No entanto, existe uma enorme convergência entre essas extensões das marcas, pois materiais mais poluentes têm um custo mais baixo, enquanto materiais amigos do ambiente têm um custo elevado, como é o caso de produtos compostos por tecidos de cânhamo ou de bambu (Herold & Prokop, 2023; Liu & Ma, 2013). Estas novas linhas associadas às cadeias de *fast-fashion* são impulsionadas tanto pelos governos quanto pelo consumidor, visto que, procuram produtos têxteis ecológicos e recicláveis. O objetivo destas linhas é produzir novas fibras, a partir de variados resíduos, permitindo a reciclagem e a consequente produção de têxteis. Esses resíduos podem ter origem industrial ou no consumo. Isto quer dizer que os resíduos industriais, provenientes da produção de têxteis, são mais fáceis de reciclar. Em contrapartida, os resíduos de consumo apresentam um maior desafio na reciclagem, devido à presença de variados materiais, como botões e fechos. Contudo, o Parlamento Europeu aprovou o plano de “Estratégias da União Europeia em Prol da Sustentabilidade e Circularidade dos Têxteis”, definindo que até 2030 os têxteis devem ser duráveis, reparáveis e recicláveis, além de serem produzidos de forma responsável e ecológica, respeitando as questões éticas. Em resposta a essas novas exigências, marcas como a *H&M* e *Zara* adaptaram os seus modelos de negócio, passando de um sistema linear para um modelo circular, com o intuito de corresponder às expectativas de sustentabilidade e responsabilidade. Além disso, esta transição para um modelo circular também promove uma inovação na indústria, incentivando o desenvolvimento de tecnologias e processos que minimizam o impacto ambiental (Bartl et al., 2005; Stubbe et al., 2024).

Nos dias de hoje é vivida uma era de tecnologias emergentes, onde reina a biotecnologia, a nanotecnologia e a inteligência artificial que nos oferecem novas formas de trabalho, e é possível executar biomateriais com propriedades surpreendentes, que são capazes de revolucionar a indústria, respeitando as leis e iniciativas, que atualmente existem, relacionadas com a sustentabilidade e com a ética (Waheed & Khalid, 2019).

2.2. Evolução Tecnológica na Indústria Têxtil e do Vestuário

Ao longo das últimas décadas, várias tecnologias emergentes têm revolucionado a ITV. Uma dessas tecnologias é a nanotecnologia, que envolve a manipulação de materiais à escala nanométrica para criar têxteis com propriedades multifuncionais. A nanotecnologia tem sido aplicada na produção de materiais antimicrobianos, resistentes a manchas e até mesmo capazes de regular a temperatura corporal. Esses avanços têm contribuído significativamente para o desenvolvimento de vestuário mais durável, funcional e confortável. Outra tecnologia que tem ganho destaque na ITV é a inteligência artificial. Através da inteligência artificial, os designers podem prever tendências de moda, otimizar o design de produtos e personalizar artigos de acordo com as preferências individuais dos consumidores. Além disso, a inteligência artificial tem permitido otimizar a eficiência dos processos de produção e logística, reduzindo custos e tempos de entrega. A impressão 3D tem também desempenhado um papel significativo nessa transformação. Com essa tecnologia, os designers podem criar protótipos de vestuário e acessórios de forma rápida e económica, permitindo uma maior liberdade criativa e experimentação. Além dessas tecnologias inovadoras, a biotecnologia tem sido uma aliada essencial para o avanço da ITV. Desde os processos tradicionais até às técnicas mais modernas, a biotecnologia tem desempenhado um papel crucial na produção de novas fibras e materiais, bem como nos processos de tingimento e acabamento, como alternativa aos métodos convencionais altamente prejudiciais para o ambiente e saúde pública (Dip et al., 2020; Quijano et al., 2021; Tan et al., 2022). Assim, a biotecnologia tem sido essencial na introdução de novos materiais que respeitam tanto o meio ambiente como os seres vivos. Um exemplo notável do uso de tais materiais sustentáveis é a designer vanguardista Stella McCartney, conhecida pela sua atuação como ativista, especialmente na luta pela proteção dos animais na ITV. Stella McCartney tenta constantemente inovar utilizando materiais biotecnológicos e sustentáveis, substituindo os têxteis tradicionais de origem animal e promovendo, assim o conceito de luxo sustentável (About Stella McCartney, n.d.). Nesse sentido, Stella McCartney colaborou com a empresa biotecnológica *Bolt Threads* utilizando têxteis inovadores como couro de cogumelos e seda de aranha. O couro de cogumelos é produzido a partir de *Mylo*, um micélio, ou seja, a parte vegetativa do fungo, enquanto a seda de aranha foi desenvolvida como uma alternativa à seda tradicional produzida pelos bichos-da-seda. O processo envolveu o estudo das teias da aranha para identificar e extrair os genes responsáveis pela produção das proteínas da seda. Estas proteínas foram sintetizadas através da fermentação utilizando leveduras, resultando num material designado de *MicroSilk*. Este novo material possui uma resistência à tração cinco vezes superior à do aço e revelou-se mais resistente que o *Kevlar*, uma fibra de aramida altamente resistente (Bento, 2022; Bolt Threads, n.d.; Quijano et al., 2021). Além desta empresa, existem outras, como a *SQUIM*, que têm vindo a desenvolver diversos materiais inovadores através de micélios fúngicos. Os fungos são agentes naturais presentes na natureza com uma rede densa de células filamentosas ramificadas que, através da fermentação microbiana, conseguem construir diversos tipos de estruturas com múltiplas aplicações, desde a moda ao design de interiores. Em relação à moda, a empresa

desenvolveu um material flexível apelidado de *EPHEA*, que esteve presente, em 2022, no desfile da coleção de inverno da marca *Balenciaga*, através de um sobretudo (Figura 1). No que toca ao design de interiores, a empresa desenvolveu materiais com painéis acústicos e pavimentos, sob a denominação de *MOGU* (Home - SQIM, n.d.).



Figura 1– Sobretudo da marca *Balenciaga* produzido com o material *EPHEA*.
Fonte: (Cernansky, 2022).

A *Modern Meadow* é outra empresa de biotecnologia que desenvolve materiais alternativos ao couro, evitando o uso de animais. Em 2023, a marca *Tory Burch* optou por melhorar o material utilizando a sua mala mais clássica e vendida. A linha *Ella* incorporou o biomaterial *Bio-Tex*, um substituto de couro construído a partir de proteínas vegetais, e lançou o novo acessório chamado *Ella Bio Bag* (Figura 2) (Modern Meadow | Brand Partners, n.d.).



Figura 2– Mala “*Ella Bio Bag*” da marca *Tory Burch* produzida com o material *Bio-Tex*.
Fonte: (LaBarbera, 2023).

Além disso, a Indústria Alimentar (IA), que gera um elevado volume de excedentes, tem sido uma fonte de inovação para a *Beyond Leather Materials*. A empresa aproveita esses desperdícios, como cascas e caroços de maçã, para criar um material inovador conhecido como couro de maçã, que tem sido adotado em diversos acessórios de moda (Figura 3) (Marketeer, 2022).



Figura 3– Mala produzida pela *Beyond Leather Materials* a partir de resíduos de maçã.
Fonte: (Beyond Leather Materials, 2020).

Paralelamente a estas inovações, surge a tendência emergente dos têxteis inteligentes. Estes materiais incorporam componentes eletrônicos e fibras óticas na trama que compõe o têxtil, sem comprometer as suas propriedades. Essa integração permite a implantação de mecanismos de autorreparação do tecido. Além disso, os têxteis inteligentes apresentam um elevado desempenho em termos de flexibilidade, durabilidade, resistência e lavagem, sendo capazes de monitorizar a atividade corporal, os sinais biológicos e os dados ambientais sem causar desconforto ao utilizador. Desta forma, são especialmente recomendados para roupas desportivas ou para têxteis utilizados no tratamento de doenças (Provin, Regina de Aguiar Dutra, et al., 2021).

Nesta linha de inovação, destacam-se os tecidos digitais, que têm vindo a ser o holofote tanto na área da tecnologia quanto no setor têxtil. Em 2023, o mundo testemunhou um vestido capaz de alterar o seu padrão com um simples clique de botão. Este tecido faz parte do projeto *Primrose*, e é composto por pequenos ecrãs que modificam o design e o padrão do artigo (Adobe Cria Vestido Digital | Portugal Têxtil | O Portal Da Industria Têxtil Portuguesa, 2023). Recentemente, o designer Christian Cowan colaborou com o projeto, apresentando as suas criações tecnológicas na Semana da Moda de Nova Iorque durante o desfile da coleção Outono/Inverno de 2024 (Figura 4) (Schwarz, 2024).



Figura 4– Vestido do projeto *Primrose* desenvolvido pelo designer Christian Cowan.
Fonte: (Schwarz, 2024).

Relativamente às fibras orgânicas, esta temática tem vindo a evoluir e pode relacionar-se com o evento marcante, a Semana de Moda de Paris em 2024. Neste evento, foi apresentado o “vidro do futuro” na coleção Outono/Inverno da marca *Coperni*, através de uma mala chamada *Air Swipe Bag*. Este acessório atraiu a atenção do público devido à sua composição com 99% de ar e 1% de vidro, utilizando um nanomaterial da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA), denominado de aerogel à base de sílica, que tem aplicações na captação da poeira estelar e consegue suportar temperaturas extremas (Figura 5) (Calfée, 2024; Costa, 2024). Esta inovação

demonstra a contínua procura por novos materiais e técnicas no mundo da moda, refletindo a constante evolução e interseção entre a ciência e o design.



Figura 5– *Air Swipe Bag* da marca *Coperni*.
Fonte: (Calfee, 2024).

Assim, ao retrocedermos na história dos têxteis e do vestuário, torna-se evidente que a evolução é fundamental para o sucesso, assim como o cumprimento das leis e movimentos ativistas em determinado período. Indiscutivelmente, os designers são cada vez mais incentivados a inovar e aprimorar a qualidade dos seus artigos, uma vez que isso os capacita a competir e se destacar num mercado repleto por uma vasta gama de fibras têxteis, com propriedades químicas, físicas ou biológicas, que exigem considerações éticas. Portanto, é vital criar produtos originais que se baseiem na história do têxtil, já que esta serve como fonte de inspiração para os designers, impulsionando o design e os movimentos criativos. Além disso, tanto as empresas como os designers precisam de acompanhar de perto a evolução tecnológica e científica para desenvolver produtos mais alinhados com as necessidades do cotidiano atual (Perivoliotis, 2005; Qin, 2016).

2.3. Princípios de Seleção de Materiais e Têxteis na Indústria Têxtil e do Vestuário

A história dos têxteis e do vestuário reflete mudanças significativas na sociedade ao longo do tempo, impulsionadas por uma maior consciência individual e pelas influências culturais disseminadas. Políticas, guerras, avanços científicos e tecnológicos, bem como manifestações artísticas, como música, dança, teatro e cinema, desempenham papéis importantes na evolução da ITV (Ryder, 2015). Dessa forma, o vestuário, o calçado e os acessórios são moldados pela cultura, atribuindo um valor simbólico aos artigos, que podem ter diversas conotações e expressões. Esses elementos atuam como meio de comunicação entre os indivíduos, refletindo valores como status social, gênero, classe econômica, estilo de vida e religião (Crane & Bovone, 2006).

Nas antigas civilizações, os seres humanos adornavam os seus corpos com materiais encontrados no seu habitat, nomeadamente na natureza, utilizando plantas, peles de animais e outros elementos. Estas ornamentações não só refletiam expressões culturais, como também desempenhavam um papel crucial na identificação e proteção dos indivíduos, visto que, ao exibirem esses adornos, era fácil perceber a que grupo étnico ou social pertenciam, e assim, preveniam-se de possíveis conflitos e batalhas. Por exemplo, os navios de piratas eram facilmente reconhecidos, devido à bandeira que ostentavam, mas também pelas indumentárias e acessórios distintivos usados pela tripulação, alertando as pessoas sobre a sua presença iminente. Contudo, apesar da importância dos adornos na identificação dos grupos sociais, o vestuário evoluiu progressivamente a fim de também desempenhar uma função crucial na proteção contra os perigos naturais. Por exemplo, quando surgiu a necessidade dos indivíduos se protegerem das alterações climáticas, nomeadamente do frio, o vestuário começou a ser fabricado com essa finalidade, oferecendo desta forma uma camada adicional de proteção. Deste modo, põe-se em evidência que o vestuário e os restantes produtos que englobam a ITV não são apenas artigos funcionais, mas também carregam significado. Por exemplo, quando usamos uma parka para nos proteger da chuva, estamos a comunicar informações sobre as condições climáticas. Assim, o vestuário atua como um símbolo que transmite mensagens sobre o contexto do seu uso. Além disso, não se limita apenas a proteger do ambiente externo, desempenha também um papel crucial na identificação social. A título de exemplo, ao contemplarmos um uniforme de uma hospedeira de bordo num avião repleto de pessoas, é facilmente perceptível identificar o colaborador da companhia aérea. No entanto, essa mesma indumentária pode ser utilizada de forma diferenciada em épocas festivas, como no Carnaval, onde o indivíduo que a veste pode não estar interligado à empresa. Portanto, entende-se que os significados atribuídos ao vestuário variam dependendo das circunstâncias, tanto no tempo como no espaço. Adicionalmente, o vestuário desempenha um papel de grande importância uma vez que pode influenciar a perceção da classe económica de um indivíduo. Por exemplo, os uniformes escolares são frequentemente utilizados para evitar que os alunos sejam identificados com base na sua classe económica, promovendo assim um conceito de *dress code* padronizado entre os estudantes (Gruber et al., 2023).

Contudo, com a globalização e a ascensão das cadeias de *fast-fashion*, a oferta de estilos e coleções a um ritmo ágil permite aos indivíduos uma escolha acessível para expressar a sua identificação, individualidade e diferenciação na sociedade. No entanto, grandes empresas que produzem em larga escala, muitas vezes não têm contacto direto com os consumidores finais, recorrendo a intermediários para compreender os seus gostos e necessidades, a fim de desenvolver produtos que atendam a essa procura. Por outro lado, pressupõem-se que as pequenas empresas na ITV tenham um contacto mais direto com os consumidores finais, permitindo-lhes criar produtos que satisfaçam as preferências e identidades dos clientes (Crane & Bovone, 2006).

Em suma, a seleção cuidadosa de materiais e têxteis na ITV é de extrema importância, refletindo não apenas a evolução histórica e cultural do setor, mas também abordando questões

contemporâneas relacionadas à produção e ao consumo. Essa atenção dedicada continua a ser crucial para assegurar a qualidade, a sustentabilidade e a inovação no mundo da moda.

Capítulo 3

3. Indústria Têxtil e do Vestuário

3.1. Impacto ambiental da Indústria Têxtil e do Vestuário

A ITV é uma das indústrias que mais impacto ambiental tem causado, sendo considerada a segunda indústria mais poluente do mundo, após a Indústria Petrolífera (Fundação Ellen MacArthur, 2017). Por esse motivo, é responsável por 8-10% das emissões globais de dióxido de carbono e é uma das grandes consumidoras de água, chegando a consumir 93 bilhões de metros cúbicos anualmente (Morone et al., 2023).

A ITV desempenha um papel significativo na resultante ambiental, atravessando todos os pontos da cadeia de abastecimento para produzir uma vasta gama de peças de vestuário e outros artigos ligados ao setor. Esta cadeia de abastecimento inclui a etapa inicial de cultivo e colheita de matérias-primas, seguida pela produção de fios, tecelagem para produzir têxteis, tingimento para adicionar cores e, por último, o acabamento para conferir características específicas, tais como impermeabilidade. Posteriormente, os produtos acabados são confeccionados em vestuário ou outros artigos e distribuídos aos consumidores finais por diversos intermediários, como lojas físicas ou virtuais. Dessa forma, durante as diferentes fases de produção e transporte, com o propósito de os produtos alcançarem o seu destino, ocorre uma consequência bastante negativa para a indústria, incluindo a geração de uma grande quantidade de resíduos e emissões de gases de efeito de estufa (Abbate et al., 2024). Além disso, entende-se que a ITV, é responsável por uma emissão de gases poluentes mais elevada do que as viagens marítimas e aéreas em todo mundo. Contudo, na fase de produção, o desenvolvimento de algumas fibras implica um elevado consumo de água e pesticidas, essenciais para várias culturas. A título de exemplo, para produzir 1 kg de algodão, o suficiente para elaborar um par de calças, é essencial uma quantidade elevada de água, recurso vital à vida humana. Estima-se que sejam necessários cerca de 20 000 litros de água, 24% de inseticidas e 11% de pesticidas (Abbate et al., 2024; Plakantonaki et al., 2023). Estes dados demonstram que a ITV liberta diversas substâncias nocivas e consome um volume exuberante de recursos naturais, tornando-se a segunda indústria que mais utiliza água (Dicuonzo et al., 2020).

Apesar disso, a ITV é considerada um bem essencial, estando intrinsecamente ligada aos três pilares da humanidade: o vestuário, a alimentação e a energia (Papamichael et al., 2023; Provin, Regina de Aguiar Dutra, et al., 2021). Porém, a ITV é uma indústria adversa, associada à escassez do solo e da água, ao surgimento de novas doenças e ao aquecimento global, o que resulta em alterações climáticas como inundações, secas e ciclones. Estes fenómenos tornam-se cada vez mais visíveis no quotidiano e ameaçam uma variedade de espécies de seres vivos (Abbate et al., 2024; Plakantonaki et al., 2023). Ainda assim, o planeta está sobrecarregado com diversos excedentes, como os microplásticos produzidos durante as fases de desenvolvimento dos têxteis. Um exemplo alarmante foi o surgimento de resíduos adicionais, como os microplásticos

provenientes das máscaras faciais de tecido utilizadas durante a pandemia de COVID-19, denominados como “resíduos COVID” (Abbate et al., 2024). No entanto, parte desses excedentes e de outros resíduos provenientes da ITV podem ser reutilizados em diversas aplicações para criar novos artigos. Contudo, apenas 25% dos resíduos têxteis são reutilizados ou reciclados, enquanto 75% acabam por ser descartados em aterros sanitários em todo o mundo (Fundação Ellen MacArthur, 2017).

Consequentemente, torna-se crucial que a ITV melhore as suas práticas éticas referentes à sustentabilidade. Caso contrário, acredita-se que, até ao ano de 2050, a ITV seja responsável por cerca de 26% do orçamento de carbono global (Herold & Prokop, 2023). Todavia, é essencial que a indústria tenha em consideração o equilíbrio das três dimensões que a envolvem: a dimensão económica, ambiental e social. As maiores cadeias da ITV enfrentam desafios significativos para alcançar esse equilíbrio. Portanto, é fundamental que a ITV evolua positivamente, pois a fabricação tradicional de têxteis requer uma quantidade considerável de recursos naturais, que são preciosos para o planeta e para os seres vivos que o habitam (Abbate et al., 2024).

3.2. Impacto social da Indústria Têxtil e do Vestuário

A ITV enfrenta diversos obstáculos para lidar com o impacto social do setor, incluindo o consumismo. A *fast-fashion* é amplamente responsabilizada nesta situação, devido à disponibilidade incessante de novos produtos, com diferentes coleções ao longo do ano, tendências e estilos frequentemente alterados, preços baixos e materiais de fraca qualidade, resultando numa vida útil reduzida dos produtos, e consequentemente, no aumento do consumismo (Fundação Ellen MacArthur, 2017). Por conseguinte, o consumismo é uma consequência da globalização e da produção massiva promovida por essas cadeias de moda rápida. Além disso, com o aumento da população, as indústrias são pressionadas a desenvolver produtos em grande escala, o que inevitavelmente leva ao aumento da produção (da Silva Junior et al., 2022).

Acredita-se que o conceito de consumismo teve início no século XXI, numa sociedade capitalista na qual os indivíduos começaram a adquirir artigos de forma excessiva devido à vasta oferta existente na indústria (da Silva Junior et al., 2022). Esses indivíduos, tanto individualmente como coletivamente, contribuem significativamente para o impacto da ITV, impulsionando comportamentos sociais como a filosofia do “compra e deita fora” (Papamichael et al., 2023). Desta forma, ao longo dos anos, a ITV tem vindo a multiplicar a sua produção devido ao crescente consumismo por parte da sociedade, à ligação do poder de compra de determinadas regiões e ao aumento da população, que eleva a procura por produtos e amplia os níveis de desperdício. Este facto ocorre porque os países europeus consomem uma quantidade considerável de têxteis, particularmente de vestuário, impulsionados pela filosofia do “compra e deita fora”. Como resultado, esse “deita fora” gera resíduos que acabam em aterros sanitários, sendo altamente

prejudiciais para a saúde pública (Provin, Regina de Aguiar Dutra, et al., 2021). Assim, para um mundo mais ecológico e positivo, para as gerações futuras, essa mentalidade negativa deve ser substituída por “compre menos e o necessário” (Papamichael et al., 2023). No entanto, além dos desperdícios que acabam em aterros, prejudiciais ao meio ambiente, algumas marcas eliminam diversos artigos não vendidos ou excedentes de produção. Por exemplo, marcas como a *Zara* e *Gap* queimam esses produtos e matérias-primas, um processo incorreto que polui o ar e o solo, com o objetivo de evitar a revenda dos seus produtos (Herold & Prokop, 2023).

Além disso, é seguro afirmar que o impacto social na ITV é amplamente influenciado pela *fast-fashion*, em função do neoliberalismo, iniciado na década de 1980. Esta cadeia é vista como uma moda rápida internacional, caracterizada por práticas de produção sem regulamentos éticos em termos de sustentabilidade e de condições humanas de trabalho. A oferta constante de produtos a baixo custo estimula o consumismo, sendo sustentada por mão-de-obra barata em países pouco desenvolvidos. Aliás, o valor pago aos trabalhadores influencia diretamente o preço final dos artigos. Desta maneira, surge a “cultura do vício”, onde o consumo se torna incontrolável e o vestuário passa a ser uma fonte de prazer, ao invés de uma necessidade. No entanto, devido à natureza da economia da *fast-fashion*, os seus impactos sociais e ambientais podem ser minimizados (Herold & Prokop, 2023). Nesse sentido, é crucial frisar que a *fast-fashion* frequentemente replica artigos de marcas de luxo, apresentados em desfiles de moda, oferecendo aos consumidores versões a preços acessíveis. Essa prática contribui significativamente para o aumento do consumismo, uma vez que as lojas como a *Zara*, *H&M* e *Mango*, lançam novos artigos semanalmente para atrair os consumidores com produtos atualizados (Yoon et al., 2020). Assim, é de extrema importância criar um material ético, nomeadamente sustentável, atóxico e biodegradável, devido à crescente preocupação e consciência dos consumidores sobre os impactos ambientais e sociais causados pela ITV, que se tornam visíveis em diferentes panorâmicas. Deste modo, ao utilizar um material responsável, o impacto ambiental pode ser reduzido, mesmo que o consumismo ainda persista (Plakantonaki et al., 2023).

3.3. Questões Éticas na Indústria Têxtil e do Vestuário

No mundo atual, existe uma crescente preocupação e consciência em relação às questões éticas, como os problemas ambientais que afetam consideravelmente o clima e a escassez de recursos naturais essenciais à vida humana, bem como a exploração do trabalho na ITV (da Silva Junior et al., 2022). Compreende-se que a ITV ofereça emprego a milhões de pessoas, porém em condições de trabalho inseguras e com componentes nocivos, prejudiciais à saúde pública (Abbate et al., 2024; Thakker & Sun, 2023). No seu entendimento, estima-se que cerca de 40 milhões de trabalhadores, representando 90% do total, pertençam a países em desenvolvimento e recebam uma remuneração monetária reduzida. Estes seres humanos, além de serem explorados de forma rigorosa, não têm condições de trabalho adequadas, o que prejudica arduamente os direitos humanos e impede, de certa forma, o seu desenvolvimento pessoal. Além disso, acredita-se que

esta indústria esteja envolvida em trabalho infantil, o que levanta questões éticas (Herold & Prokop, 2023; Yoon et al., 2020).

Apesar da importância das restantes questões éticas na ITV, esta investigação visa abordar o impacto negativo e evitar o uso de matérias-primas de origem animal, assim como a utilização de produtos químicos tóxicos que têm impacto ambiental e social. Por exemplo, em prol dos direitos dos animais, a Associação Ativista e de Investigação da Proteção dos Animais, *Animal Ethics*, salienta que a obtenção da fibra animal frequentemente envolve “sofrimento, privação e morte” para os animais. No entanto, algumas das fibras animais são obtidas como subprodutos da IA, onde os resíduos são aproveitados para a produção têxtil, resultando numa abordagem de zero desperdício (*zero waste*). Apesar disso, ao vender esses subprodutos a um preço simbólico, aumenta-se a rentabilidade dos negócios que exploram os animais, pois o uso de produtos secundários permite produzir materiais a preços mais baixos (Animais Usados Para Vestuário — Ética Animal, n.d.). Ainda assim, o processo para obter um material de qualidade proveniente dos animais, mesmo através da IA, é geralmente doloroso e impiedoso (Animais Utilizados Como Vestuário e Acessórios | Em Defesa Dos Direitos de Todos Os Animais, n.d.). Não obstante, o couro animal, também envolve diversas questões ambientais, visto que exige uma quantidade relativamente elevada de energia e água, chegando a utilizar cerca de 370 bilhões de litros de água anualmente, e requer o uso de produtos químicos fortes e agressivos, como o cromo, para evitar a deterioração do material. Apesar de ser um recurso renovável, desde que os animais existam, prejudica não só os próprios animais, mas também o ambiente, colocando em risco a sustentabilidade e a saúde pública dos trabalhadores envolvidos na produção (Euronews, 2023; Provin, Cubas, et al., 2021).

Por fim, é importante destacar que a palavra “sustentável” pode tornar-se um instrumento de lucro para a indústria, ao oferecer um apelo de marketing baseado em valores responsáveis das peças, o que resulta numa opção de compra livre de culpa por parte dos consumidores. Contudo, um artigo vegan, deve garantir a exclusão de produtos de origem animal ao longo de toda a cadeia de abastecimento, evitando assim o uso de coprodutos ou subprodutos provenientes de espécies vivas, para ser considerado verdadeiramente ético (Islam, 2020; Lamarche-Beauchesne, 2023). Estamos a viver uma revolução em termos de materiais que visam promover o reequilíbrio do meio ambiente e a construção de uma sociedade contemporânea mais positiva, com o objetivo comum de preservar o planeta, os seres vivos e as gerações futuras. Portanto, torna-se substancial melhorar a ITV de forma inteligente em termos éticos (Mihaleva, 2021).

3.3.1. Estratégias para as Questões Éticas

É correto afirmar que a ITV tem um impacto negativo colossal no nosso planeta. Por esse motivo, torna-se crucial procurar uma resposta ecológica e responsável, dado o seu papel fulcral na vida quotidiana e na economia global. Uma das soluções para os dados catastróficos apresentados é a Economia Circular (EC), um tema bastante discutido, graças aos esforços dos governos de diversos países que incentivam o cumprimento das leis relacionadas à sustentabilidade e ao Plano

de Ação para a Economia Circular (PAEC) (Tsironis & Tsagarakis, 2023). Este conceito tem como objetivo ultrapassar a produção e o crescimento económico tradicional, substituindo-o por um sistema regenerativo. Este sistema deve considerar práticas mais circulares, com o intuito de tornar o mundo mais sustentável para o futuro, evitando a poluição e o desperdício associados à indústria. Contudo, a EC não se limita à reciclagem, na verdade, refere-se à regra dos 3Rs e dos multi-Rs, o que significa reduzir, reutilizar, reciclar, repensar, redesenhar, reparar, refazer, redistribuir e recuperar (Provin, Dutra, et al., 2021; Valencia et al., 2023).

Porém, além de pressionar as indústrias a adotarem práticas mais sustentáveis, também é vital que os indivíduos transmitam a mensagem da circularidade e da escassez de recursos naturais, que afeta a sociedade. Num mundo atual, altamente tecnológico, as redes sociais desempenham um papel essencial, e através dos *influencers* acredita-se que seja possível promover uma moda sustentável, bem como o empreendedorismo circular (Tsironis & Tsagarakis, 2023). Apesar do PAEC, do Parlamento Europeu, ter uma existência positiva, existem outras iniciativas importantes, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, da Organização das Nações Unidas (ONU). Esta iniciativa destaca a necessidade de alcançar o desenvolvimento sustentável em várias áreas, especificamente nas áreas sociais, económicas e ambientais (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ONU Portugal, n.d.). Através dessas ações, é possível promover a proteção e a igualdade dos direitos dos seres vivos, pelo meio do desenvolvimento consciente e ecológico dos novos materiais concebíveis (Provin, Regina de Aguiar Dutra, et al., 2021).

Portanto, é primordial garantir o respeito por todas as questões éticas que englobam o setor, pois a maioria dos animais é vítima desta indústria. Neste contexto, observa-se uma mudança de atitude por parte dos consumidores, em relação aos produtos de origem animal. Estes produtos começam a ser vistos de forma negativa, uma vez que, quem os compra é considerado “cúmplice da violência” gerada para obtê-los. Essa percepção negativa está alinhada com as crescentes iniciativas referentes à proteção dos animais (Gusarova, 2016). Todavia, é importante realçar que em 1975, o professor e filósofo australiano Peter Singer expressou no seu livro “*Animal Liberation*” que os animais têm direitos e os humanos têm obrigações morais para com eles. Segundo Peter Singer, os animais devem ter uma boa qualidade de vida e bem-estar, sem sofrer um tratamento agressivo e bárbaro. Este livro pode ser considerado um marco no despertar de uma nova consciência ética e responsável em relação aos seres vivos indefesos. Consequentemente, os produtos feitos com materiais de origem animal deixam de ser um símbolo de status para se tornarem alvos de ativismo pelos direitos dos animais (Choi & Lee, 2021). Diante disso, a maior organização de defesa dos direitos animais, denominada “*People for the Ethical Treatment of Animals*” (PETA), apela à produção de materiais mais amigáveis para com os animais, de forma a garantir que tenham uma vida digna e livre de crueldade (About PETA | PETA.Org, n.d.). Neste contexto, a indústria dos couros derivados dos animais está sob escrutínio, e a sua existência futura pode estar em risco. O Parlamento Europeu está atualmente a analisar uma petição da iniciativa de cidadania “*Fur Free Europe*”, que apela à proibição da criação e

venda de peles de origem animal, em toda a União Europeia. Apesar de ser uma excelente iniciativa que consegue, até certo ponto, garantir o bem-estar animal, também pode ser prejudicial para outras áreas, nomeadamente para a economia, uma vez que, esta indústria gera valor monetário e emprega muitas pessoas. Ainda assim, o futuro desta indústria tem demonstrado dados negativos e pode realmente desaparecer nas próximas gerações (Euronews, 2023).

Desta forma, torna-se necessário encontrar meios para combater os desafios enfrentados pela ITV. Satisfazer as leis referentes ao PAEC é uma “solução holística” que permita criar materiais mais éticos e sustentáveis, aproveitando os avanços tecnológicos. Além disso, é essencial melhorar a vida útil de um produto, adotando uma abordagem de química verde para minimizar os efeitos tóxicos no meio ambiente e na saúde dos seres vivos (Morone et al., 2023). Certamente, existem diversos materiais alternativos, disponíveis no nosso planeta, que vão desde materiais de origem renovável até à reciclagem de materiais, e à criação de novos, incluindo os materiais “revividos” produzidos por resíduos de outras indústrias, como da IA (Provin, Regina de Aguiar Dutra, et al., 2021).

3.3.1.1. Abordagem Ética Controversa

Uma das abordagens adotadas pela ITV para combater o uso de couros e peles de origem animal, foi a criação do couro vegan e artificial, eliminando assim a exploração dos animais. Inicialmente, o couro vegan e artificial ganhou popularidade devido ao seu processo de fabricação menos complexo e custo mais baixo, em comparação com os couros de origem animal (Choi & Lee, 2021). No entanto, os couros artificiais são compostos por materiais altamente prejudiciais para o meio ambiente, como plásticos e derivados de petróleo, incluindo o poliuretano (PU) e o policloreto de vinila (PVC). Além disso, a sua fabricação envolve o uso de produtos químicos tóxicos, como solventes e corantes sintéticos, que representam riscos para o meio ambiente e para a saúde pública. Contudo, é importante salientar, que esses materiais não provêm de fontes renováveis, possuem um ciclo de vida muito curto e não se degradam facilmente, resultando em resíduos destinados a aterros sanitários que contribuem negativamente para o meio ambiente (Choi & Lee, 2021; Zeng et al., 2023).

Assim, em resposta às preocupações dos consumidores e na procura de substituir o couro de origem animal, diversas marcas, incluindo *Burberry* e *Tesla*, optaram por utilizar matérias-primas sintéticas nos seus produtos (Figura 6). Em síntese, embora essa escolha seja ética no que diz respeito aos animais, revela-se problemática em relação à sustentabilidade ambiental e à saúde pública, afetando negativamente os próprios animais. Além disso, a produção desses materiais sintéticos frequentemente envolve condições de trabalho adversas para os trabalhadores da indústria (Choi & Lee, 2021; Herold & Prokop, 2023).



Figura 6– *Tesla Model 3*, 2018, composto com estofos de couro artificial.
Fonte: (Blanco, 2019).

Em vista disso, é importante valorizar que o papel do designer deve contribuir para um mundo mais limpo, uma vez que, o cumprimento pelas questões éticas tem sido bastante requisitado, e é importante pensar-se em todas as fases, desde a idealização da matéria-prima, até ao produto final, dado que, torna-se possível analisar o impacto ambiental, que o produto vai causar ao meio ambiente. Por esse motivo, diversos materiais alternativos aos tradicionais, estão a ser desenvolvidos e explorados, para o desenvolvimento de produtos, tais como materiais criados através de recursos reciclados, renováveis e descartáveis de outras indústrias. No entanto, existem outras abordagens para a criação de novos materiais, tais como a biofabricação, através da biotecnologia (Camere & Karana, 2018).

Capítulo 4

4. Abordagens Biotecnológicas na Indústria Têxtil e do Vestuário

4.1. Biofibras, Biopolímeros e Biocompósitos

A biotecnologia desempenha um papel cada vez mais importante no desenvolvimento de materiais ecológicos e sustentáveis, incluindo a produção de biofibras e biotêxteis. Recorrendo a organismos vivos, como fungos e bactérias, a biotecnologia possibilita o desenvolvimento de matérias-primas inovadoras que podem ser empregues na ITV, satisfazendo os rigorosos padrões do setor têxtil e proporcionando soluções éticas e sustentáveis (Camere & Karana, 2018).

Entre estes materiais inovadores, as biofibras têm assumido particular destaque. Estas podem ser extraídas de fontes naturais e renováveis, como plantas, animais ou microrganismos, destacando-se pelas suas propriedades únicas, como biodegradabilidade e menor impacto ambiental em comparação com os materiais sintéticos. Contudo, quando se trata de explorar a extração de biofibras a partir de fontes animais, é importante considerar os padrões de bem-estar animal para garantir uma produção ética e sustentável de biofibras. Alguns exemplos de biofibras exploradas para aplicação na ITV incluem o algodão orgânico, uma biofibra de origem vegetal, obtida a partir do cultivo da planta de algodão sem o uso de pesticidas ou fertilizantes tradicionais, e a seda de aranha, desenvolvida como uma alternativa à seda tradicional produzida pelos bichos-da-seda, conforme descrito anteriormente na secção 2.2.. Por outro lado, biopolímeros como ácido poliláctico (PLA) e a CB têm também atraído a atenção dos investigadores e da indústria na produção de materiais têxteis sustentáveis. O PLA, proveniente de fontes renováveis, como o milho, é valorizado pela sua biodegradabilidade, baixo impacto ambiental e boas propriedades mecânicas, sendo uma alternativa viável aos polímeros sintéticos derivados de petróleo. Neste contexto, a empresa americana *NatureWorks* tem recorrido à biotecnologia para converter o dióxido de carbono em moléculas de açúcar, resultando na produção de PLA. Este processo tem sido realizado através de plantas como milho, mandioca, cana-de-açúcar e beterraba, e o produto resultante é conhecido como *Ingeo*, que consiste nas fibras de PLA produzidas a partir dessa matéria-prima, através da captura de dióxido de carbono durante o seu ciclo de vida. Além disso, recentemente, a equipa de investigação da empresa tem explorado o uso de microrganismos para converter diretamente o dióxido de carbono em PLA, sem a necessidade de utilizar as plantas como intermediárias, o que demonstra o papel importante da biotecnologia na produção de materiais sustentáveis e na redução de gases poluentes (Cunha, 2017).

Por sua vez, a produção de CB também é beneficiada pela biotecnologia. Este método ético e sustentável utiliza bactérias em condições controladas para produzir um material biodegradável de elevada pureza, resistência e versatilidade, representando um grande potencial para a ITV.

Assim, devido à sua importância e relevância para o tema da presente dissertação, a CB será analisada em mais detalhes na secção 4.1.1..

Além disso, recentemente, a combinação de biofibras e/ou biopolímeros com outros componentes, que resulta na produção de biocompósitos, têm representado um avanço significativo na ITV, diversificando as opções de materiais disponíveis para uma ampla gama de produtos, desde tecidos para vestuário até acessórios e calçados sustentáveis (Camere & Karana, 2018; Provin, Cubas, et al., 2021; Rathinamoorthy & Kiruba, 2022). Portanto, os biocompósitos oferecem uma alternativa viável e inovadora que atende à crescente procura por produtos mais duráveis, confortáveis e amigos do ambiente. Um exemplo notável é o projeto europeu “*Industrialization of Biobased Textile Fabrics for Clothing Application*” (FIBFAB), coordenado pela AIMPLAS, um Instituto Tecnológico de Plásticos na Espanha, que se encontra a impulsionar a produção industrial de tecidos biodegradáveis e sustentáveis. Neste projeto, o PLA, obtido de plantas, tem sido combinado com fibras naturais de algodão e lã para a fabricação de vestuário de elevado desempenho, completamente biológico e biodegradável. Esta iniciativa vem trazer à ITV a introdução de tecidos com qualidade melhorada em termos de respirabilidade e hidroflicidade. Adicionalmente, estes tecidos têm revelado uma maior resistência à degradação por raios UV, uma menor inflamabilidade e apresentam uma densidade mais baixa em comparação com o poliéster, resultando em tecidos mais leves e sustentáveis (Cunha, 2017).

Portanto, é evidente que a biotecnologia tem vindo a revolucionar a ITV ao possibilitar o desenvolvimento de biofibras, biopolímeros e biocompósitos. Estas mudanças promovem a sustentabilidade e atendem às exigências de consumidores conscientes sobre a ética e o impacto ambiental dos produtos têxteis.

4.1.1. Celulose Bacteriana

No século XIX, o conceito de CB, também conhecida como biocelulose ou celulose microbiana, começou a ganhar reconhecimento. No entanto, foi apenas na última década que começou a explorar-se mais profundamente este biopolímero através da realização de diversos estudos. A celulose é um composto biológico abundante no mundo, encontrado não apenas em plantas, mas também na matriz extracelular de diversas espécies de bactérias, como *Agrobacterium*, *Acetobacter* e *Gluconacetobacter*, sendo considerada um polímero ético e sustentável (Abidi et al., 2022; Girard et al., 2024; Muhammad et al., 2024; Pandey et al., 2023b). De maneira sucinta, a celulose é um polissacarídeo que quando alimentado com glucose passa por uma reação de polimerização através de ligações β -1,4. A CB pode ser sintetizada em ambientes naturais, biorreatores ou recipientes, utilizando fontes de carbono, como a glucose e nitrogénio. A produção de CB depende dessas fontes, pois o nitrogénio promove o crescimento dos microrganismos e a formação das suas conexões, enquanto a glucose é a fonte de carbono para a formação da CB (Abidi et al., 2022; Girard et al., 2024; Yim et al., 2017). Por essa razão, a CB é considerada um

biomaterial promissor devido à sua forma tridimensional e à rede fibrilar nanométrica que apresenta. A sua cristalinidade, resistência à tração, elasticidade e porosidade conferem-lhe uma distinta forma atômica e estabilidade dimensional. Estas características tornam a CB versátil não apenas para aplicação no têxtil, mas também na produção de cosméticos, bem como na área da biomedicina, onde é usada em pensos para feridas e queimaduras, e na administração controlada de medicamentos (Pandey et al., 2023a; Provin, dos Reis, et al., 2021).

Contudo, apesar de ser um material alternativo e atóxico, a CB enfrenta uma problemática que pode comprometer o seu uso na ITV. Esta situação deve-se ao facto de as fibrilas nanométricas do polissacarídeo deterem uma natureza hidrofílica, que resulta numa elevada capacidade de retenção de água. Assim, a água liga-se à CB através de grupos hidroxilos, aumentando automaticamente a densidade e a espessura do biomaterial durante a sua produção. Além disso, ao secar, o biomaterial pode apresentar imperfeições e encolher devido à quantidade de água que retém, gerando um aspeto negativo e uma desvantagem que limita o seu uso na indústria. Portanto, é de extrema importância combinar a CB com outros elementos hidrofóbicos para que o biotêxtil adquira propriedades de repelência à água (Araújo et al., 2014; da Silva Junior et al., 2022; Laavanya et al., 2021; Provin, dos Reis, et al., 2021). Exemplos de agentes hidrofóbicos comerciais que têm sido aplicados à CB incluem o EVO Wet FES, um produto da DyStar, que atua como um agente de acabamento hidrofóbico, proporcionando à CB impermeabilidade e uma maior uniformidade, tornando o biomaterial adequado para diversos artigos da ITV (Araújo et al., 2014; Provin, dos Reis, et al., 2021). Outro exemplo é o Persistol HP, um agente de acabamento hidrofóbico que atua como uma resina, proporcionando uma alternativa mais impermeabilizante ao material (Mota, 2023).

Em termos de processo, a bactéria *Komagataeibacter xylinum* desempenha um papel fundamental na produção de CB. Este microrganismo permite a rápida produção de CB em quantidades comerciais através de uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras, conhecida como SCOBY, utilizando a bebida comercial Kombucha. Durante a produção, a fermentação de CB ocorre em água com adição de chá verde e preto, juntamente com uma fonte de carbono. O biorreator, contendo a mistura, produz aerobicamente filmes de CB, que são posteriormente recolhidos, purificados e secos numa superfície, seja plana ou em 3D. Assim, ao secar, a CB transforma-se num couro vegan, capaz de substituir o couro animal e os sintéticos, respeitando as questões éticas. Além disso, pode adquirir uma textura semelhante à do papel, facilitando a sua manipulação gráfica (Mihaleva, 2021; Rathinamoorthy & Kiruba, 2022). Nesse sentido, produtos têxteis concebidos a partir de CB, como blusões, máscaras de proteção individual e acessórios de bijuteria, têm vindo a ser desenvolvidos por diferentes artistas. Todavia, as condições que envolvem a produção de CB influenciam a forma do material resultante. Normalmente, quando o SCOBY permanece em condições estáticas é criado um filme na superfície do biorreator. No entanto, quando o SCOBY é colocado sob agitação, a celulose é produzida em maior quantidade e forma glóbulos de diversos tamanhos. Este segundo método é mais eficaz para a produção em

massa da CB, pois fornece mais energia às bactérias, resultando numa maior produção de CB (Mihaleva, 2021; Rathinamoorthy & Kiruba, 2022).

Resumidamente, a CB pertence à classe dos novos materiais e pode contribuir para o desenvolvimento de uma sociedade sustentável e ética. Além de ser um material orgânico, a CB é segura para o uso em contacto com o corpo humano e requer uma quantidade baixa de água e energia para a sua produção em comparação com os materiais têxteis tradicionais. A CB detém várias vantagens, como a sustentabilidade, o facto de não poluir o ambiente, a química verde, a inofensividade e a biodegradabilidade. Assim, a CB representa uma oportunidade significativa para a ITV, pois sendo um material biofabricado, oferece uma vasta gama de propriedades funcionais, sensoriais, visuais e olfativas, além de poder adquirir diferentes tamanhos e formas para melhor aplicação nos produtos. Além disso, os filmes de CB podem ser triturados, até constituírem uma massa homogénea, utilizados na sua forma original ou transformados em fios para aplicação na indústria. Contudo, embora este material represente uma inovação promissora, ainda existem desafios relacionados com a confeção de produtos compostos por CB (C. J. G. da Silva et al., 2021; da Silva Junior et al., 2022; Gomes et al., 2013; Laavanya et al., 2021; Provin, Cubas, et al., 2021; Provin, Regina de Aguiar Dutra, et al., 2021).

4.1.1.1. Processo de Produção de Celulose Bacteriana

A bebida probiótica tradicional e universal, denominada de Kombucha, advém do Nordeste da China. Esta bebida tem um sabor agradável, frutado, azedo e espumante, que proporciona múltiplos benefícios, nomeadamente propriedades anticancerígenas, anti-inflamatórias e antioxidantes, além de auxiliar na diminuição do colesterol alto e melhorar a função do fígado, do sistema imunológico e das funções gastrointestinais. Este chá adoçado contém um extenso conjunto de elementos, incluindo diversos ingredientes orgânicos, açúcares, vitaminas, minerais e microrganismos que permitem a sua fermentação. A Kombucha é uma bebida resultante da fermentação de folhas de chá preto e, por vezes, de folhas de chá verde, com adição de açúcares. Estes ingredientes devem ser colocados num biorreator ou num recipiente coberto com um pano ou uma gaze, para permitir uma respiração aeróbia e a produção de CB. Assim, a fermentação resultante cria o SCOBY, que permite o desenvolvimento do filme de CB na superfície do biorreator, em condições estáticas e na interface ar-líquido, a uma temperatura de até 30 °C e na presença de luz. Desta forma, torna-se facilmente reconhecível a camada de biocelulose e a mistura gerada que envolve o recipiente. O SCOBY ajuda no desenvolvimento do filme de celulose microbiana, sendo considerado um metabolito secundário da fermentação (Laavanya et al., 2021).

Em 1886, o bioquímico Adrian John Brown, identificou a bactéria gram-negativa responsável pela fermentação, denominando-a de *Bacterium xylinum*. Posteriormente essa bactéria foi reclassificada como *Acetobacter xylinum*, mas atualmente é conhecida como *Komagataeibacter xylinum*. Esta bactéria, tem a forma de bastonete, e é um microrganismo que permite a produção

rápida de CB. Desta maneira, utilizando a Kombucha, SCOBY, água, glucose, chá verde e chá preto, o método torna-se simples, de baixo custo e altamente eficaz na produção de filmes de biocelulose. Assim, para produzir continuamente a CB, é necessário restabelecer periodicamente a mistura após a recolha do filme na superfície. Isso envolve adicionar água com extrato de chá verde e chá preto e uma fonte de açúcar, como a glucose (Laavanya et al., 2021; Mihaleva, 2021).

No entanto, esse método de produção oferece a vantagem de possibilitar o desenvolvimento da CB por meio de outros ingredientes. Isso significa que é possível aumentar a produção de CB utilizando resíduos agroindustriais provenientes da IA, tais como resíduos de abacaxi, cascas de frutas cítricas, xarope extraído de tâmaras, melão de beterraba e cana-de-açúcar, além de resíduos da indústria dos laticínios (Chua et al., 2021; Özkaya et al., 2023). De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação (FAO), a indústria é responsável por elevados desperdícios todos os anos. Esses desperdícios não são éticos e têm impactos negativos no meio ambiente, contribuindo com cerca de 10% das emissões de gases de efeito de estufa. Portanto, para ajudar as gerações futuras e cumprir com o PAEC, a ITV pode e deve usar os excedentes a seu favor, seja como corantes, fonte de bioenergia ou até mesmo como catalisador no SCOBY, a um custo monetário reduzido (Provin, Dutra, et al., 2021).

Atualmente, muitas pessoas estão envolvidas na produção de filmes de CB, pois todos os ingredientes encontram-se disponíveis facilmente. Contudo, a produção em laboratório é preferível, na medida que existe um maior controlo sobre fatores como oxigénio, pH e temperatura. Isso resulta em uma CB mais bem-sucedida, com características desejáveis, como uniformidade na estrutura, espessura constante, textura atraente, conforto, resistência e durabilidade. Dessa forma, os consumidores são mais propensos a interessar-se por produtos elaborados a partir destes biomateriais ecológicos e éticos (da Silva Junior et al., 2022; Laavanya et al., 2021; Lahiri et al., 2021).

4.1.1.2. Aplicações na Indústria Têxtil e do Vestuário

A CB tem sido reconhecida como uma potencial contribuição na ITV e em outros setores. A sua abordagem futurística, inovadora e criativa está a ser adotada tanto na ITV como noutras indústrias. Assim, para uma maior aceitação por parte da indústria têm sido realizados alguns testes que comprovam que embora a CB seja menos resistente à tração do que o couro de origem animal, é mais resistente do que os tecidos não tecidos (Wood, Verran, et al., 2023).

A CB tem uma ampla gama de aplicações patenteadas, embora algumas delas ainda não tenham sido completamente exploradas em configurações industriais e comerciais. A celulose microbiana tem sido utilizada na produção de têxteis, cosméticos e na área da biomedicina (Pandey et al., 2023a). Empresas como a *Biofill* e *Bioprocess*, do setor de saúde, têm obtido sucesso na produção de pensos para queimaduras de grau e úlceras. Além disso, também têm recorrido à CB para

realizar experiências em animais, mais especificamente em cães, com o objetivo de substituir a dura-máter, localizada no cérebro (Jonas & Farah, 1998).

Um dos nomes importantes no campo das aplicações da CB é o de Suzanne Lee, reconhecida como pioneira em biomateriais, com especial destaque para o setor têxtil. A *Biofabricate*, empresa associada a Suzanne Lee, tem como missão promover a adoção de novos materiais mais ecológicos em diversos setores, incluindo o têxtil. A empresa oferece serviços de consultoria, palestras e workshops para acelerar o desenvolvimento e implementação desses materiais, contribuindo assim para uma transição mais rápida para práticas mais sustentáveis na indústria. Suzanne Lee é fundadora e diretora executiva da *Biofabricate* e em 2003, apresentou pela primeira vez peças elaboradas com CB, no projeto denominado de *Biocouture* (Figura 7) (About — Biofabricate, n.d.).



Figura 7– Indumentária de Celulose Bacteriana (CB) desenvolvida por Suzanne Lee no projeto *Biocouture*.
Fonte: (BioCouture by Suzanne Lee - ICON Magazine, 2011).

Além disso, a pioneira Suzanne Lee também colaborou com a designer Liz Ciokajlo, para criar um calçado feito a partir de CB, cognominando-o de *BioCouture Shoe* (Figura 8) (Liz Ciokajlo, n.d.; Provin, Cubas, et al., 2021).



Figura 8– Calçado *BioCouture Shoe* desenvolvido por Suzanne Lee e Liz Ciokajlo.
Fonte: (Liz Ciokajlo, n.d.).

Por outro lado, o projeto *Bio-fabric-e* realizou uma pesquisa experimental sobre biomateriais, explorando novos materiais como a CB e as suas possíveis aplicações em diversas indústrias. Neste contexto, o projeto investigou as características da CB através do método de produção com Kombucha e desenvolveu biocompósitos a partir dos filmes de CB com a incorporação de uma proteína. Os biocompósitos foram otimizados por Galina Mihaleva e Abhik Chowhury, resultando

na geração de novos materiais. Posteriormente, esses biomateriais foram combinados com fios inteligentes e componentes condutores sendo aplicados na produção de diversos artigos de vestuário (Figura 9) (Mihaleva, 2021).



Figura 9– Peças desenvolvidas com CB por Galina Mihaleva e Abhik Chowdhury através do projeto *Bio-fabric-e*.
Fonte: (Mihaleva, 2021).

A marca dinamarquesa *Ganni* elaborou um blazer com CB fornecida pela empresa *Polybion*. A *Polybion* produz CB em biorreatores alimentando as bactérias com uma fórmula desenvolvida internamente, utilizando excedentes provenientes da IA, especificamente resíduos de fruta que seriam destinados a aterros sanitários. Esses resíduos, se não utilizados, acabariam por se decompor no solo e gerar gases de efeito de estufa. O material, chamado *Celium*, não possui qualquer propriedade nociva. Este blazer, produzido por uma marca global, representa um marco importante para a adoção da CB na ITV. Contudo, embora seja uma peça única e ainda não esteja disponível comercialmente, a marca pretende começar a vender peças fabricadas com esse material no presente ano de 2024 (Figura 10) (Prisco, 2023).



Figura 10– Blazer desenvolvido pela marca *Ganni* com *Celium*.
Fonte: (Prisco, 2023).

Porém, também têm sido desenvolvidos diversos outros produtos utilizando este biomaterial, incluindo acessórios de chapalaria, através da iniciativa *Têxteis 2030*. Este projeto visa investigar novas metodologias para o desenvolvimento de materiais éticos e sustentáveis. Durante a pesquisa, verificou-se que a celulose microbiana é compatível com as técnicas tradicionais de fabricação de acessórios, despertando grande interesse devido à sua aplicabilidade no design (Wood, Redfern, et al., 2023). Essa versatilidade foi explorada por duas designers portuguesas,

de nome Lia Gonçalves e Sílvia Araújo, que desenvolveram uma coleção de joias chamada de “Ensaio”, utilizando prata reciclada e CB (Figura 11). Esta coleção teve como intuito sensibilizar para a emergência de ação climática e de moda sustentável, através da adoção de conceitos de produção e materiais mais sustentáveis (Agência Lusa, 2022; Lusa, 2022).



Figura 11– Brincos de CB desenvolvidos pelas designers Lia Gonçalves e Sílvia Araújo.
Fonte: (Agência Lusa, 2022).

Por sua vez, a marca *Malai* criou um material utilizando CB em combinação com resíduos agroalimentares, especificamente provenientes de cocos do sul da Índia. Neste processo, a CB foi produzida utilizando água de coco desperdiçada pela IA, originando um novo material com características semelhantes ao couro, incluindo flexibilidade e biodegradabilidade notáveis (Figura 12) (Marks, 2019; Quijano et al., 2021).



Figura 12– Acessórios desenvolvidos em CB utilizando água de coco pela marca *Malai*.
Fonte: (Marks, 2019).

Portanto, mediante todas as aplicações e invenções deste biomaterial, torna-se evidente que a CB atua como um têxtil ético progressista, capaz de transformar a ITV e promover um mundo mais sustentável. Este material representa um novo paradigma, com o potencial de aprimorar a ética ambiental e as condições de trabalho. A sua produção ao ser livre de produtos químicos prejudiciais, não só oferece benefícios ambientais, mas também promove uma ética de trabalho mais justa, reduzindo a exposição dos trabalhadores a substâncias nocivas. Assim, a CB impulsiona a inovação na ITV e promove práticas mais sustentáveis e éticas, beneficiando tanto o meio ambiente quanto os trabalhadores (Mihaleva, 2021).

Além disso, ao representar um grande potencial para a ITV, a CB possibilita a criação de biocompósitos que podem resultar em biotêxteis viáveis para a indústria. Esses biotêxteis, quando

aplicados em peças de vestuário, calçado e acessórios, não apenas impulsionam a inovação, mas também favorecem a adoção de práticas sustentáveis na ITV.

4.1.2. Outros Biopolímeros e Biocompósitos

Além da CB, existem outros biopolímeros e biocompósitos que desempenham um papel significativo em diversas indústrias, nomeadamente na ITV. Um desses biopolímeros é o agar, um polissacarídeo encontrado na parede celular de algas vermelhas conhecidas como *Rhodophyceae*, que crescem naturalmente no oceano e podem ser cultivadas em ambientes controlados em laboratório. O cultivo ecológico dessas algas não requer o uso de fertilizantes nem substâncias tóxicas, contribuindo para a redução dos gases de dióxido de carbono na atmosfera, uma vez que as algas realizam a fotossíntese utilizando o dióxido de carbono disponível. Além disso, o agar possui características únicas que o tornam uma escolha popular em várias aplicações industriais, incluindo como agente espessante e gelificante. Essas aplicações abrangem setores como a IA, ITV, cosmética, medicina e outras aplicações biotecnológicas, devido à sua sustentabilidade, biodegradabilidade e versatilidade (Chang et al., 2023; Chi et al., 2012). Na ITV, o agar tem sido aplicado diretamente nos tecidos, abrindo portas a novas oportunidades no têxtil. Thamires Pontes, designer na ITV, é uma das aficionadas dessa nova abordagem. A designer desenvolveu uma fibra têxtil feita de agar-agar e demonstrou que esse material pode ser transformado em fibras semelhantes ao nylon ou poliéster, com excelentes propriedades de resistência e tingimento (Figura 13). Esta ideia foi uma das 12 finalistas do *No Waste Challenge*, um desafio de Ação Climática realizado pelo *What Design Can Do*, em parceria com a Fundação Ikea. Assim, Thamires Pontes consegue alcançar o mercado da moda, através de um produto que promove um consumo consciente, aplicando os princípios do *slow-fashion* e da circularidade têxtil, uma vez que as fibras de agar-agar são de fácil fabricação, não requerem quantidades significativas de recursos naturais, são compostáveis, atóxicas e biocompatíveis, tornando-as versáteis para produtos têxteis (Espaço Ecológico, 2022; gbl jeans, 2021).



Figura 13– Fibra de agar-agar desenvolvida pela designer Thamires Pontes.
Fonte: (gbl jeans, 2021).

Outro polissacarídeo que tem despertado interesse é o alginato. Este biopolímero pode ser extraído principalmente da microalga *Phaeophyceae*, bem como de outras espécies como *Laminaria*, *Macrocystis*, *Sargas-soma*, *Ascophyllum*, *Lessoni*, *Eclonia* e *Durvillea*. Além disso,

é encontrado em várias bactérias, como *Azotobacter* e *Pseudomonas*, presentes no ambiente vegetal, o que contribui para a sua abundância na natureza, tornando-o um biopolímero versátil. O alginato é uma substância não tóxica e biodegradável, com uma notável capacidade de formar géis, como o hidrogel de alginato, também conhecido como alginato de sódio, quando entra em contacto com iões de cálcio. Esse processo de gelificação ocorre devido à interação entre os grupos carboxílicos do alginato e os iões de cálcio, geralmente provenientes do carbonato de cálcio, que desempenha o papel de agente de reticulação. Como resultado, forma-se uma rede tridimensional gelatinosa estável que retém água (Arambula-Maldonado & Mequanint, 2024; Soetanto et al., 1996; Sosa-Herrera et al., 2012). No entanto, devido à sua natureza hidrofílica, o alginato pode apresentar desafios no desenvolvimento de biomateriais. Ainda assim, é amplamente utilizado em áreas como a biomedicina, sendo usado na produção de pensos curativos e na engenharia de tecidos, bem como agente espessante e gelificante na IA e cosmética (C. M. da Silva et al., 2024; Sahoo & Biswal, 2021; Wang et al., 2022). Além das suas aplicações nestes setores, o alginato também tem recentemente sido explorado na ITV devido às suas propriedades únicas. A *AlgiKnit*, com sede em Nova York, é uma das *start-up* de biomateriais, que está na vanguarda dessa investigação. Esta empresa desenvolveu um fio biológico baseado em alginato, combinado com outros biopolímeros renováveis, que pode ser transformado em produtos têxteis totalmente biodegradáveis, oferecendo soluções mais sustentáveis e destacando o seu potencial como um material versátil e ecológico. Este fio biológico demonstrou força e elasticidade suficientes para ser tricotado de forma manual ou pelas máquinas existentes, em instalações de fábricas têxteis. Além disso, os testes de estabilidade revelaram que este biomaterial não encolhe mesmo após longos períodos de exposição, sendo destacada a sua excecional resistência e tornando-o uma promessa significativa para a ITV (Figura 14) (Fio Biológico Feito de Fibras de Alga Marinha é Biodegradável Redecoracao, n.d.).

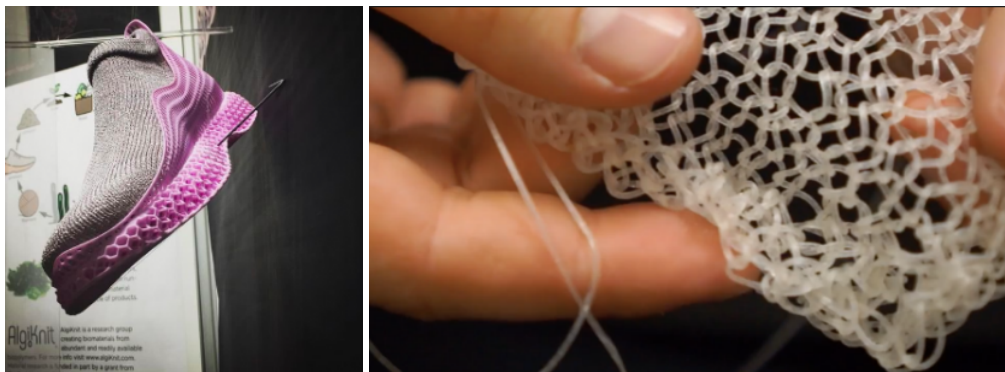


Figura 14– Fio de alginato desenvolvido pela *AlgiKnit*.
Fonte: (Fio Biológico Feito de Fibras de Alga Marinha é Biodegradável Redecoracao, n.d.).

Outro exemplo do potencial do alginato tem sido demonstrado num estudo realizado por um grupo de investigadoras da Universidade de Lisboa e do Instituto de Moda de Amsterdão, que investigou a produção de bioplásticos à base de alginato, adicionando glicerina como plastificante para conferir flexibilidade aos materiais. Neste estudo, foram produzidos materiais de base

biológica para extrusão 3D utilizando resíduos orgânicos, como cascas de ovos, areia de conchas e grãos de café, com o objetivo de reduzir o encolhimento dos bioplásticos. Os resultados mostraram que os diferentes enchimentos adicionados ao alginato de sódio e glicerina apresentam oportunidades promissoras para a produção de biocerâmicas, biocompósitos e bioplásticos sustentáveis (Figura 15) (Delgado et al., 2022). Estes materiais têm potencial de aplicação em uma grande variedade de contextos, incluindo têxteis, vestuário, acessórios e calçado.

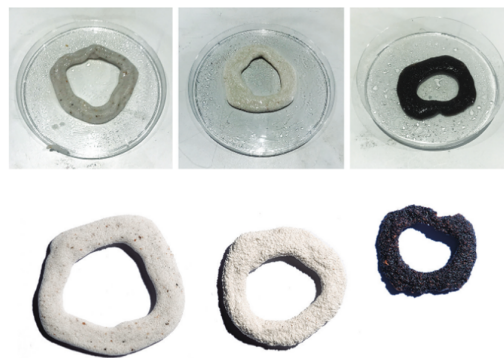


Figura 15– Produção de bioplásticos à base de alginato, glicerina e resíduos orgânicos.
Fonte: (Delgado et al., 2022).

Além disso, o biolatex é uma alternativa sustentável ao latex sintético derivado de fontes renováveis como plantas, e pode ser também aplicado na ITV. Este biopolímero, derivado de fontes renováveis como plantas, é uma excelente alternativa ao látex sintético, que geralmente é tratado com componentes derivados do petróleo, proveniente de recursos finitos e tóxicos. O biolatex é processado de maneira a obter um material seguro e adequado para os seres vivos, sendo uma excelente opção para pessoas com pele sensível, como aquelas com alergias. Esta substância é um polímero de latex de borracha natural, produzido a partir de diversas plantas, sendo a seringueira de nome *Hevea brasiliensis*, a mais comum. Assim, para a obtenção do biolatex, os trabalhadores recolhem o líquido da seringueira através do “sangramento” da árvore, utilizando um copo. O líquido aquoso e branco obtido necessita de um anticoagulante para evitar a sua coagulação e secagem quando exposto ao ar. Após o processo de recolha, o latex é enviado para a fábrica, onde a substância é tratada para fornecer propriedades da resistência à tração, flexibilidade e elasticidade, permitindo a sua aplicação em diversas áreas (Latex vs Natural Rubber Latex - Latex Applications | KEP, n.d.).

Um exemplo da aplicação do biolatex é o compósito de algodão revestido com latex de borracha natural da árvore *Hevea brasiliensis*. Este material, cuja aparência estética se assemelha ao couro, foi estudado para avaliar se as suas características atendem aos requisitos para inclusão na ITV. Os resultados revelaram que as propriedades mecânicas avaliadas, incluindo a resistência à tração, rutura, alongamento e à abrasão, eram aceites nos parâmetros das normas da Organização Internacional de Normalização (ISO). A partir destes ensaios preliminares, o latex de borracha natural foi aplicado em diferentes estruturas de malha e fibras. Neste contexto, foi desenvolvido

um protótipo de calçado feminino (Figura 16). Este protótipo demonstrou uma boa aceitação estética, apesar da malha utilizada não ser compatível com os processos industriais. Contudo, os biocompósitos analisados revelaram ser adequados para produtos têxteis como calçado, malas, cintos, carteiras e entre outros (Garcia, 2012).



Figura 16– Produção de calçado com malha e latex de borracha natural.
Fonte: (Garcia, 2012).

Estes exemplos destacam apenas algumas das possibilidades promissoras dos biopolímeros e biocompósitos na ITV e evidenciam a sua importância no desenvolvimento de soluções ambientalmente responsáveis e economicamente viáveis.

Capítulo 5

5. Desenvolvimento Laboratorial

5.1. Definição e Contexto do Estudo

No presente estudo, o objetivo principal resulta no aperfeiçoamento das condições éticas que englobam a ITV. Assim, a investigação teve como foco o desenvolvimento de novos biocompósitos, utilizando como base a CB produzida por um consórcio simbiótico de bactérias e leveduras, complementada pela adição de outros biopolímeros e aditivos. O objetivo foi criar materiais responsáveis que possam ser utilizados como uma nova abordagem na indústria. Esta nova abordagem torna-se condutora para as novas leis e iniciativas vigentes nos dias de hoje, proporcionando a minimização do impacto ambiental, da exploração animal e do uso de substâncias tóxicas e químicas, que além de prejudicarem o meio ambiente e os diversos seres vivos também têm como adição uma maior segurança para o consumidor e para os colaboradores que produzem o material ou estão em contacto com o mesmo. Desta forma, inicialmente, procedeu-se à produção de CB, um material que se assemelha significativamente ao couro animal, evitando assim a necessidade de explorar os animais para esse propósito, como também é uma ótima alternativa aos couros sintéticos, que têm uma pegada ambiental negativa para o planeta. Este processo foi realizado utilizando a SCOBY da Kombucha. Nesse sentido, primeiramente, preparou-se uma mistura de chá verde e chá preto contendo glucose como fonte de açúcar, para alimentar os microrganismos presentes no biorreator, permitindo assim a formação eficaz dos filmes na sua superfície. Por conseguinte, após a formação dos filmes de CB, os mesmos foram recuperados e as sujidades e impurezas que estavam incorporadas foram removidas através de lavagens sucessivas com água destilada.

Assim, quando a CB apresentou uma aparência mais limpa após a remoção das impurezas, deu-se início ao processo de trituração para formar os biocompósitos, combinando a CB triturada com diversos elementos, a fim de atender às soluções têxteis holísticas. Além disso, para responder de forma mais eficiente à diminuição do impacto ambiental, foram utilizados resíduos alimentares, provenientes da IA, que teriam como destino o lixo e gerariam gases de efeito de estufa ao se decomporem. Nesse sentido, procedeu-se à utilização de diversas cascas de fruta, que além de favorecerem a dimensão ambiental, também conferem uma textura e estética exclusivas ao material, despertando, deste modo, a criação de uma solução sustentável, que pode englobar outros elementos, como os brilhos.

No entanto, a CB exhibe uma elevada cristalinidade, o que a torna propensa à absorção de água e resulta numa textura rígida e quebradiça quando seca. Neste contexto, foram realizadas diferentes experiências para compreender os melhores elementos capazes de conferir ao material propriedades hidrofóbicas, como repelência à água, além de torná-lo mais maleável e flexível. Entre os componentes testados estão a glicerina, o óleo de linho, o óleo de coco, o biolátex, a

policaprolactona (PCL), o Persistol HP e o EVO Wet FES. Em suma, todos os elementos utilizados foram selecionados a fim de contribuir positivamente para a sustentabilidade ambiental, promovendo práticas mais responsáveis e ecologicamente conscientes.

5.1.1. Produção da Celulose Bacteriana

Os filmes de CB foram produzidos mediante a fermentação de uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras em condições estáticas. A formulação para a produção da CB incluiu 10% (v/v) de uma fermentação anterior, obtida no laboratório, composta por filmes de CB produzidos a partir da bebida probiótica comercial, conhecida como *Kombucha Original Bio*. Esta fermentação anterior funcionou como pré-inóculo devido à presença do consórcio microbiano.

Os restantes elementos da fórmula consistiram em 8,25 g/L de chá verde comercial, 8,25 g/L de chá preto comercial e 70 g/L de glucose. Para preparar o biorreator, os chás foram misturados com água fervida e glucose, previamente pesada numa balança de alta precisão. Após a mistura arrefecer, os 10% (v/v) da fermentação anterior, que continham a cultura SCOBY pré-existente, foram adicionados ao biorreator. Posteriormente, o biorreator foi mantido numa estufa a 30 °C, na presença de luz, para permitir o desenvolvimento dos filmes de CB na superfície do líquido. A mistura de chás e glucose foi restabelecida a cada duas semanas para garantir o sucesso do desenvolvimento dos filmes (Figura 17).



Figura 17– Produção da CB.
Fonte: (Autora).

5.1.2. Recuperação da Celulose Bacteriana

A produção dos filmes de CB formados na superfície do biorreator ocorreu ao longo de 5 a 7 dias. Após esse período, a CB foi removida e observou-se uma quantidade significativa de impurezas devido ao processo de fermentação inerente à sua produção. Para remover os resíduos do SCOBY, os filmes de CB foram enxaguados com água destilada e transferidos para recipientes com água. No entanto, nos recipientes formavam-se películas bastante quebradiças e semitransparentes na superfície, devido à sujidade que ainda envolvia os filmes de CB. Assim, essa água foi removida e

substituída várias vezes até que a película mudasse de cor, passando de amarela para uma tonalidade creme, indicando que a CB atingiu um aspeto mais puro. Contudo, a cor e a textura dos filmes de CB obtidos podem variar mesmo seguindo a mesma receita e mantendo as condições da fermentação constante, devido a pequenas variações no ambiente ou nas características dos próprios microrganismos.

5.1.3. Fragmentação da Celulose Bacteriana por Trituração

Os filmes de CB evoluíram e cresceram através do SCOBY acabando por ser recolhidos do biorreator e lavados, de forma manual, com o intuito de remover a sujidade e as impurezas, que poderiam estar agregadas aos mesmos, como descrito previamente no ponto 5.1.2.. Enquanto os filmes de CB estavam cristalinos e hidratados, foram efetuados diversos cortes manuais com o propósito de prepará-los para a trituração numa picadora doméstica usando o sistema 1-2-3. Assim, os filmes de CB foram reduzidos a ínfimos pedaços, prontos para serem utilizados em várias experiências para produzir os biocompósitos (Figura 18).



Figura 18– Procedimento de trituração da CB para subsequente utilização na produção dos biocompósitos.
Fonte: (Autora).

5.2. Desenvolvimento de Biocompósitos de Celulose Bacteriana

Em termos experimentais, foram desenvolvidos diferentes biocompósitos, que foram organizados em quatro grupos, nomeadamente em biocompósitos de CB e agar, biocompósitos de CB e alginato de sódio, biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo agentes hidrofóbicos como PCL, biolatex, Persistol HP e EVO Wet FES, e biocompósitos de CB reconstituída, como representados na Tabela 1. Desta forma, o objetivo das experiências foi desenvolver biocompósitos de CB para atender às necessidades da ITV, a fim de produzir novos materiais éticos, que possam ser incorporados em diversos artigos, utilizando ingredientes responsáveis e ecológicos, como biofibras, biopolímeros e outros compostos naturais, que podem elevar o padrão desejado para a investigação.

Tabela 1– Resumo das experiências realizadas.

Fonte: (Autora).

Experiências	Biocompósitos de CB e Agar							
	CB triturada		Agar		Glicerina		Brilhos / Pó Cromado	
1.A.	x		x		x			
1.B.	x		x		x		x	
Biocompósitos de CB e Alginato de Sódio								
	CB triturada	Alginato de sódio	Glicerina	Óleo de Linho	Óleo de Coco	Brilhos / Pó Cromado	Cascas de fruta	Cloreto de Cálcio
2.A.	x	x	x					x
2.B.	x	x	x			x		x
2.C.	x	x	x				x	x
2.D.	x	x	x		x		x	x
2.E.	x	x		x			x	x
2.F.	x	x		x	x		x	x
Biocompósitos de CB e Alginato de Sódio contendo agentes hidrofóbicos								
	CB triturada	Alginato de sódio	Glicerina	Policaprolactona (PCL)	Biolatex	Persistol HP	EVO WET FES	Cloreto de Cálcio
3.A.	x	x	x	x				x
3.B.	x	x	x		x			x
3.C.	x	x	x			x		x
3.D.	x	x	x				x	x
Biocompósitos de CB reconstituída								
	CB triturada			Óleo de linho		Óleo de coco		
4.A.	x							
4.B.	x			x		x		

5.2.1. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Agar

A preparação dos biocompósitos de CB e agar (**Experiência 1.A. e 1.B.**), foi realizada em água, utilizando a seguinte formulação: 140 g/L de CB triturada, 35 g/L de agar e 40 g/L de glicerina. Inicialmente, a água foi fervida e, em seguida misturada com o agar numa placa de aquecimento e agitação, mantendo-se a uma temperatura a 60 °C por 5 minutos. Após esse período, adicionou-se a glicerina, e, posteriormente, a CB triturada. O conteúdo resultante foi colocado numa placa de Petri para uma secagem a 60 °C (Figura 19 e Figura 20). Alternativamente, foram introduzidos brilhos na mistura para conferir propriedades estéticas suplementares ao biocompósito.

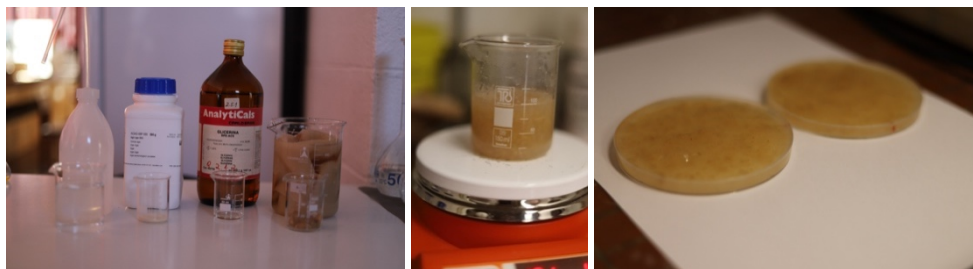


Figura 19– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e agar (Experiências 1.A. e 1.B.).
Fonte: (Autora).

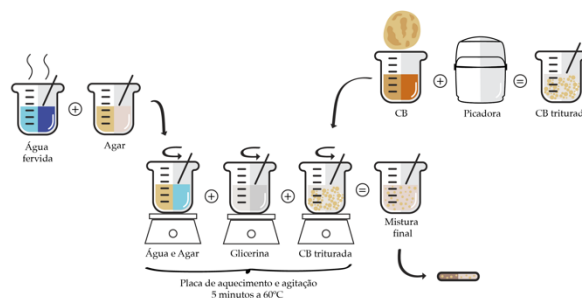


Figura 20– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e agar (Experiências 1.A. e 1.B.).
Fonte: (Autora).

5.2.2. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Alginato de Sódio

Nesta etapa foram preparados diferentes biocompósitos de CB usando como componente base a CB triturada, o alginato de sódio, e o cloreto de cálcio. A estes biocompósitos foram adicionados aditivos como brilhos/pó cromado e cascas de fruta, com o objetivo de aprimorar as suas características. Além disso, foi investigada a incorporação da glicerina e de diferentes óleos naturais, como o óleo de linho e o óleo de coco, a fim de avaliar o seu efeito no processo de fabricação dos biocompósitos e nas suas propriedades finais.

Inicialmente começou por se preparar uma solução de cloreto de cálcio, destinada a servir como agente de reticulação para o alginato de sódio. Nesse sentido, foi preparado um spray contendo 100 g/L de cloreto de cálcio, dissolvido em água, até total homogeneização. Por fim, o spray foi aplicado tanto na parte inferior quanto na superior dos biotêxteis, garantindo uma distribuição uniforme do agente reticulante.

Em relação às experiências, o início deu-se com a preparação de um biocompósito de CB e alginato de sódio seguindo uma receita específica que consistiu na mistura de 140 g/L de CB triturada, 40 g/L de glicerina e 20 g/L de alginato de sódio em água (**Experiência 2.A.**). Para realizar a experiência, a água foi fervida e misturada com o alginato de sódio num agitador de elevada velocidade. Posteriormente, a glicerina e a CB triturada foram adicionadas, enquanto a mistura era agitada de forma contínua e vigorosa. Após o conteúdo adquirir uma cor homogênea, foi colocado na refrigeração por 24 horas para evitar a formação contínua de bolhas. Passado este período, o cloreto de cálcio foi aspergido na superfície de uma placa de Petri, o biocompósito foi espalhado e novamente borrifado com o spray. Por fim, a placa de Petri foi colocada a secar na estufa a 60 °C (Figura 21 e Figura 22).

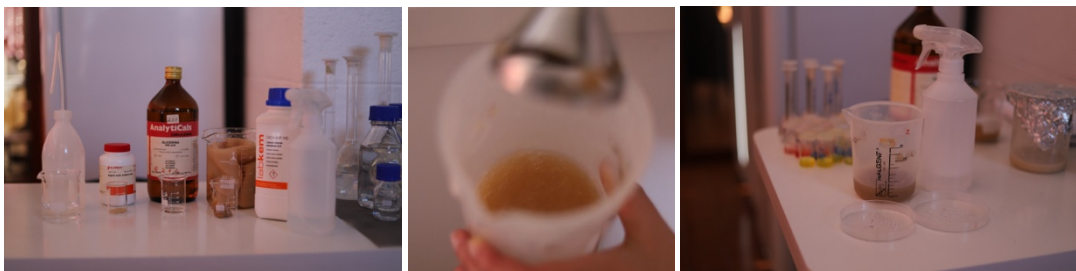


Figura 21– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio (Experiência 2.A.).
Fonte: (Autora).

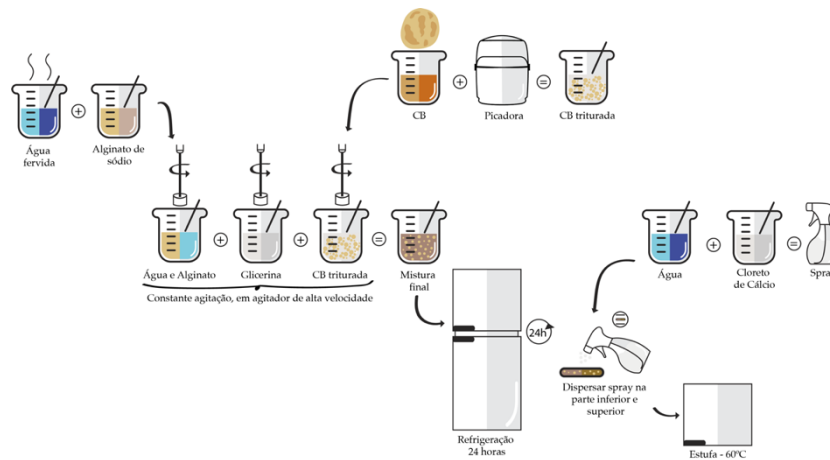


Figura 22– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio (Experiência 2.A.).
Fonte: (Autora).

De seguida, foi preparado um novo biocompósito de CB e alginato de sódio, similar à experiência anterior. No entanto, nesta prática, foram adicionados outros elementos que conferem um aspeto visual estético ao material. Estes novos elementos incluem pétalas de flores naturais, recolhidas prontamente após a sua queda natural, bem como brilhos e pó cromado, ambos responsáveis e ecológicos. Sumariamente, a receita foi preparada em água, com 20 g/L de alginato de sódio, 40 g/L de glicerina e 140 g/L de CB triturada, utilizando um agitador de elevada velocidade. Porém, os demais elementos foram adicionados conforme necessário, de forma manual, e, de seguida, o conteúdo completo foi refrigerado durante 24 horas. Contudo, nem todos os elementos têm de ser usados, para o desenvolvimento do biomaterial, sendo possível usar apenas os desejados,

como somente os brilhos ou apenas o pó cromado. Após as 24 horas, o conteúdo foi espalhado em uma placa de Petri, borrifada com cloreto de cálcio e, deixada na estufa a 60 °C até uma completa secagem, **Experiência 2.B.** (Figura 23 e Figura 24).

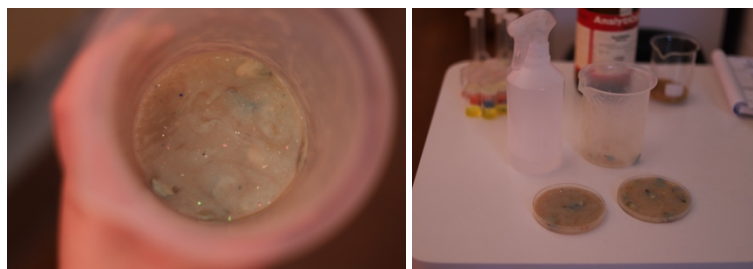


Figura 23– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo flora, pó cromado e/ou brilhantes (Experiência 2.B.).
Fonte: (Autora).

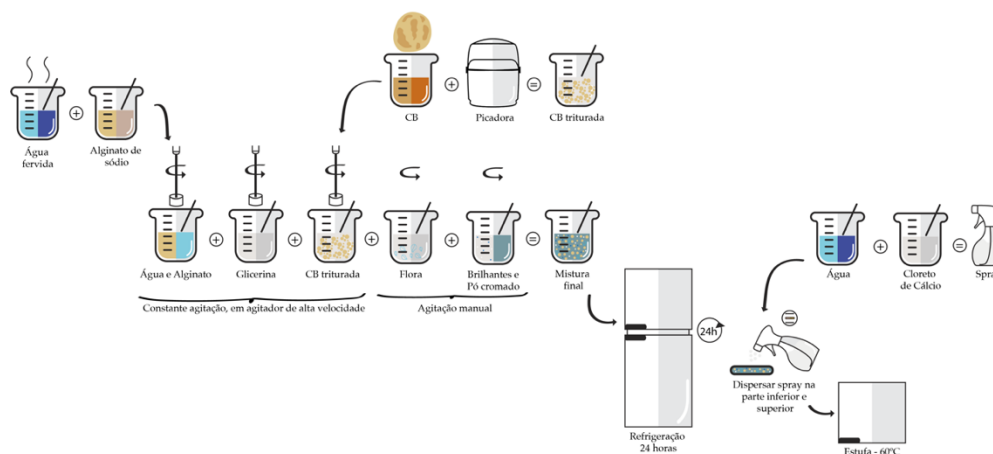


Figura 24– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo flora, pó cromado e/ou brilhantes (Experiência 2.B.).
Fonte: (Autora).

A **experiência 2.C.** foi realizada em água contendo 140 g/L de CB triturada, 40 g/L de glicerina e 20 g/L de alginato de sódio, seguindo a mesma formulação das experiências anteriores. Contudo, nesta experiência, foram adicionadas 25 g/L de cascas de fruta trituradas.

O procedimento de trituração dos resíduos alimentares, neste caso, cascas de fruta excedentes, iniciou-se com a secagem das mesmas numa estufa, com o objetivo de ficarem desidratadas, para consecutivamente, serem submetidas à trituração em uma picadora, utilizando o sistema 1-2-3, até alcançar a consistência de pó (Figura 25).



Figura 25- Procedimento de trituração das cascas de fruta.
Fonte: (Autora).

Em relação à preparação do biocompósito, o pó proveniente dos excedentes agroalimentares foi adicionado à receita contendo a CB triturada, a glicerina e o alginato de sódio, de forma manual, e levado à refrigeração, durante 24 horas. Prontamente às 24 horas, o conteúdo foi distribuído uniformemente numa placa de Petri, seguido pela dispersão do cloreto de cálcio e subsequente secagem (Figura 26 e Figura 27).



Figura 26– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo resíduos alimentares (Experiência 2.C.).
Fonte: (Autora).

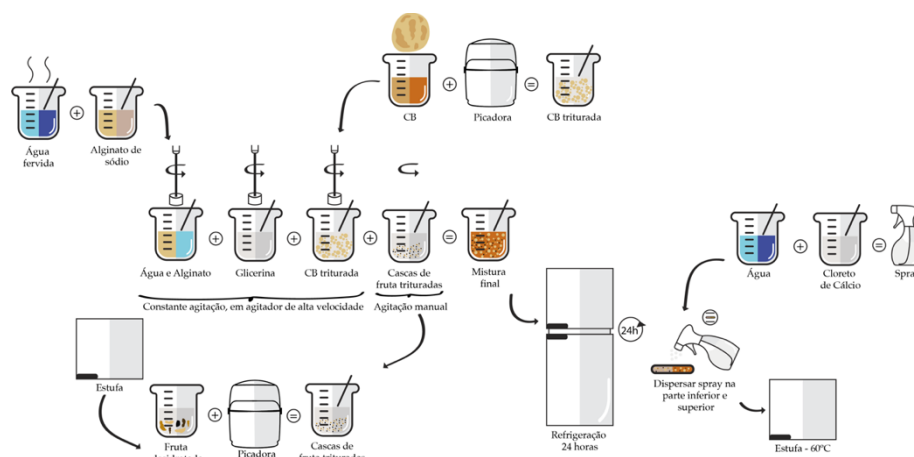


Figura 27– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo resíduos alimentares (Experiência 2.C.).
Fonte: (Autora).

A subsequente experiência, a **experiência 2.D.**, acaba por ser bastante fiel à experiência 2.C., exceto pela adição do óleo de coco. Portanto, em água, foram adicionados 20 g/L de alginato de sódio, 40 g/L de glicerina, 140 g/L de CB triturada, 25 g/L de cascas de fruta trituradas, e também 10 g/L de óleo de coco. Este novo ingrediente tem como intuito melhorar a resistência à humidade e conferir flexibilidade ao material. Resumidamente, o alginato de sódio, a água, a glicerina, a CB triturada e o óleo de coco foram combinados num agitador de alta velocidade e, quando a mistura apresentou uma cor homogénea, foi introduzido manualmente o pó obtido pelas cascas de fruta. Em seguida, o conteúdo foi resfriado durante 24 horas, e transferido para uma placa de Petri, onde foi adicionado o cloreto de cálcio, antes do processo de secagem (Figura 28 e Figura 29).



Figura 28– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo óleo de coco e resíduos alimentares (Experiência 2.D.).
Fonte: (Autora).

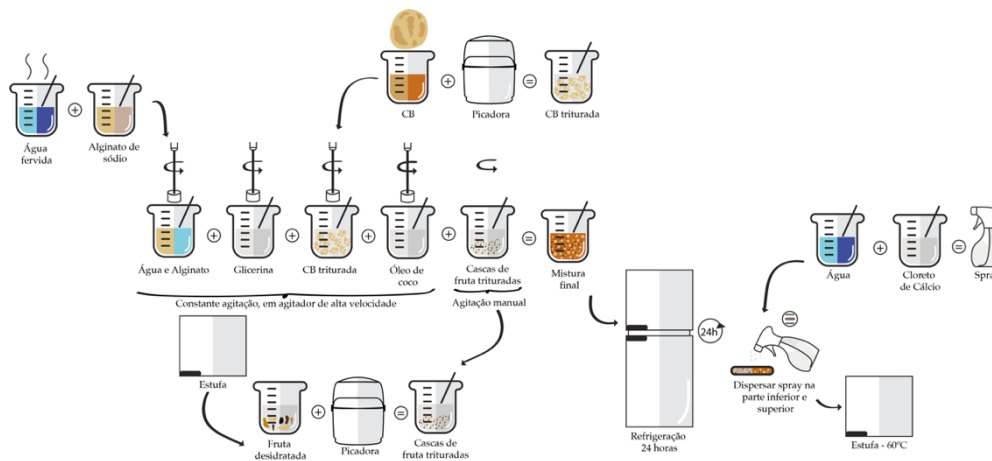


Figura 29– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo óleo de coco e resíduos alimentares (Experiência 2.D.).
Fonte: (Autora).

Por sua vez, a **experiência 2.E.**, foi realizada utilizando 140 g/L de CB triturada, 20 g/L de alginato de sódio e 25 g/L de cascas de fruta trituradas. Contudo, a glicerina foi substituída pelo óleo de linho, na mesma proporção (40 g/L). O processo de preparação do biocompósito foi idêntico ao das receitas anteriores, e após a obtenção de uma mistura homogénea, o conteúdo foi refrigerado durante 24 horas. Posteriormente, o biocompósito foi transferido para uma placa de Petri e combinado com o cloreto de cálcio, seguido pelo processo de secagem numa estufa a 60 °C, até completa desidratação (Figura 30 e Figura 31).

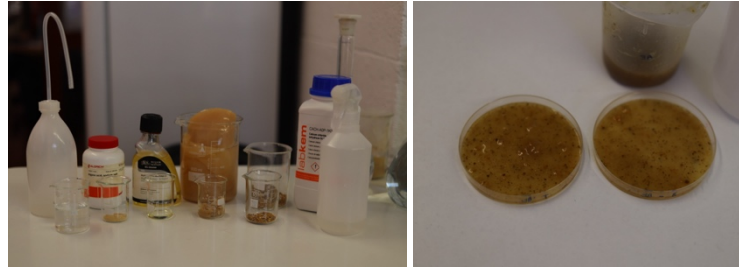


Figura 30– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo óleo de linho e resíduos alimentares (Experiência 2.E.).
Fonte: (Autora).

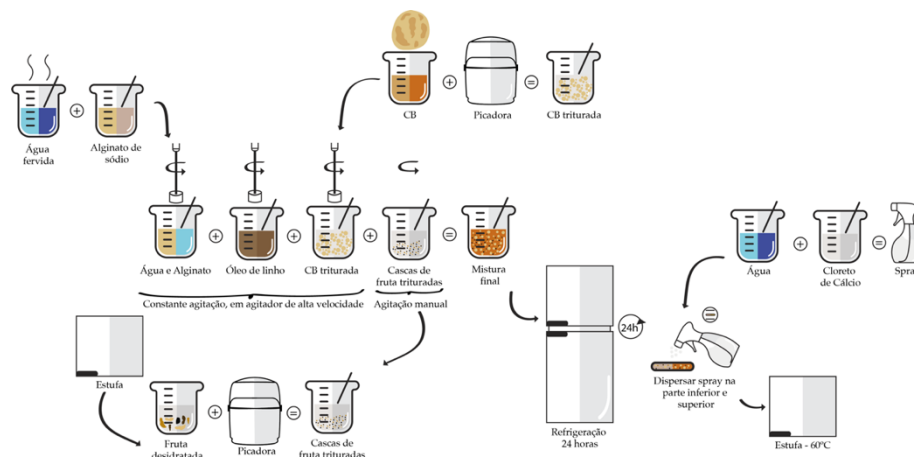


Figura 31– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo óleo de linho e resíduos alimentares (Experiência 2.E.).
Fonte: (Autora).

Por fim, foi realizada uma experiência (**Experiência 2.F.**), cujo óleo de linho foi combinado com o óleo de coco. Neste sentido, foram utilizados 20 g/L de alginato de sódio, 25 g/L de cascas de fruta trituradas, 140 g/L de CB triturada, 40 g/L de óleo de linho e 10 g/L de óleo de coco. A preparação foi semelhante à dos biocompósitos anteriores, com o conteúdo passando por 24 horas de refrigeração, sendo então transferido para uma placa de Petri e borrifado com cloreto de sódio. Por fim, o biocompósito foi submetido à secagem na estufa a 60 °C (Figura 32 e Figura 33).

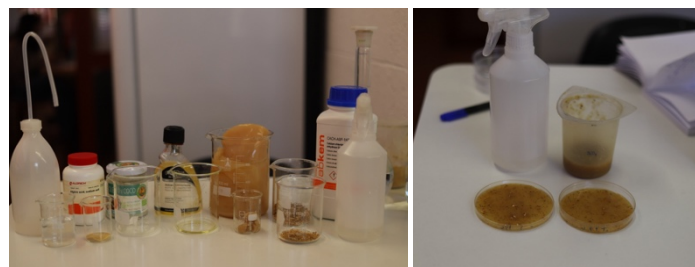


Figura 32– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo óleo de linho, óleo de coco e resíduos alimentares (Experiência 2.F.).
Fonte: (Autora).

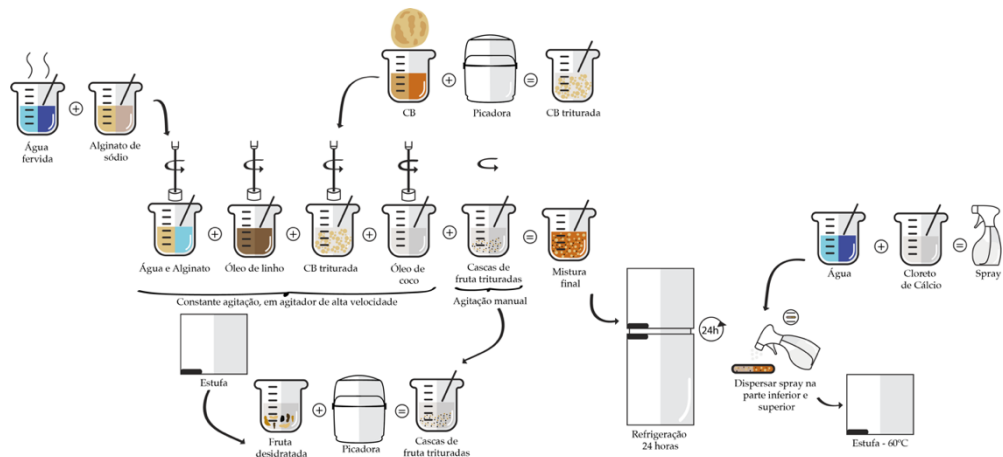


Figura 33– Preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo óleo de linhaça, óleo de coco e resíduos alimentares (Experiência 2.F.).
Fonte: (Autora).

Alternativamente, foi preparada a mistura contendo 140 g/L de CB triturada, 20 g/L de alginato de sódio e 25 g/L de cascas de fruta trituradas sem a adição inicial do óleo de linhaça e do óleo de coco. Esta mistura foi resfriada durante 24 horas e, após esse período, foi espalhada numa placa de Petri borrifada com cloreto de cálcio. De seguida, foi colocada na estufa a 60 °C e quando o biocompósito aparentava estar praticamente seco, foi pincelado com uma mistura de 10 mL/L de óleo de linhaça e 10 mL/L de óleo de coco. A mistura do óleo de linhaça e do óleo de coco foi preparada numa placa de aquecimento sob agitação a 75 °C até se tornar homogênea. Assim, após o biocompósito ter sido pincelado permaneceu a secar à temperatura ambiente (Figura 34 e Figura 35).

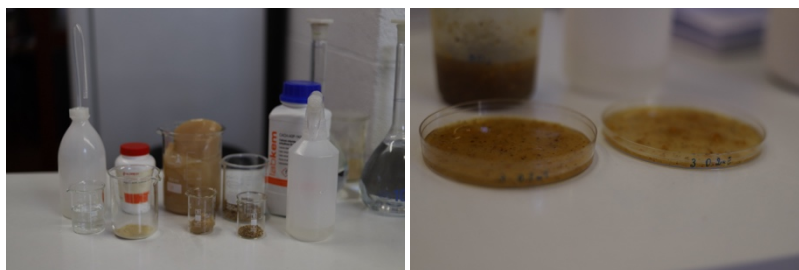


Figura 34– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo resíduos alimentares e revestido com uma mistura de óleo de linhaça e óleo de coco (Experiência 2.F.).
Fonte: (Autora).

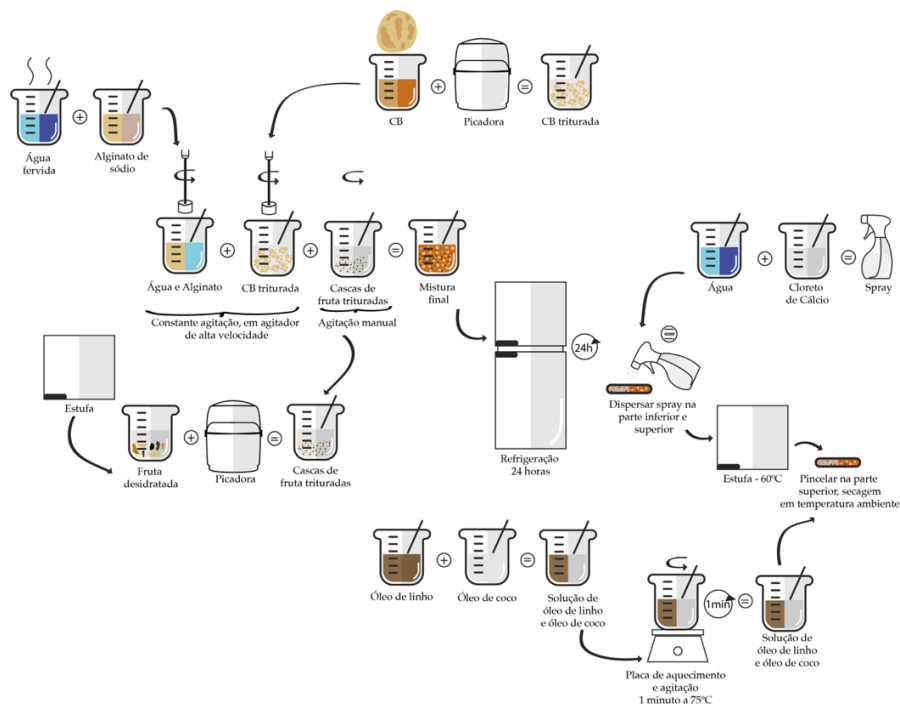


Figura 35– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo resíduos alimentares e revestido com uma mistura de óleo de linho e óleo de coco (Experiência 2.F.).
Fonte: (Autora).

5.2.3. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Alginato de Sódio contendo Agentes Hidrofóbicos

Nesta etapa foram desenvolvidos diferentes biocompósitos de CB e alginato de sódio, aos quais foram adicionados aditivos com o objetivo específico de melhorar a sua repelência à água. Entre estes aditivos, destacam-se a Policaprolactona (PCL), o biolatex, o Persistol HP e o EVO Wet FES.

5.2.3.1. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Alginato de Sódio contendo Policaprolactona

O biocompósito de CB, alginato de sódio e PCL foi preparado seguindo a receita descrita na seção 5.2.2., composta por: 140 g/L de CB triturada, 40 g/L de glicerina e 20 g/L de alginato de sódio em água (**Experiência 3.A.**). No entanto, o PCL, um polímero biodegradável e hidrofóbico com a capacidade de tornar o material repelente à água, foi adicionado numa proporção de 60 mL/L. O PCL foi preparado dissolvendo 8% (m/v) do polímero numa mistura de clorofórmio e dimetilformamida na proporção de 60:40. Assim, os 60 mL/L necessários para a experiência foram obtidos a partir do PCL dissolvido em 36 mL/L de clorofórmio e 24 mL/L de dimetilformamida com a ajuda de uma placa de aquecimento e agitação, durante 24 horas. Após esse período, os líquidos foram combinados num agitador de alta velocidade (Figura 36 e Figura

37). Após a junção, a mistura foi transferida para uma placa de vidro, borrifada com cloreto de cálcio, e, colocada na estufa a 60 °C.



Figura 36– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo Policaprolactona (PCL) (Experiência 3.A.).
Fonte: (Autora).

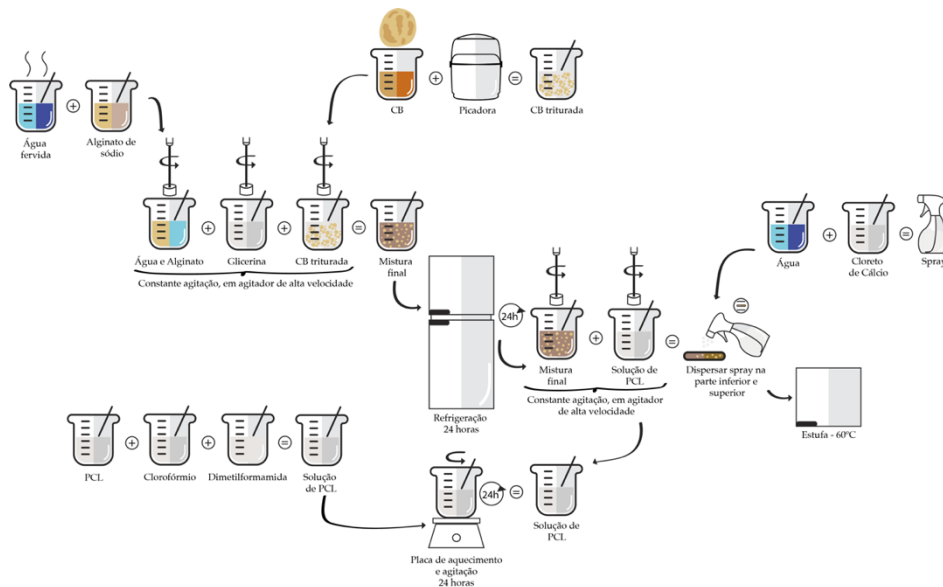


Figura 37– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo Policaprolactona (PCL) (Experiência 3.A.).
Fonte: (Autora).

5.2.3.2. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Alginato de Sódio contendo Biolatex

A experiência relativa ao biocompósito de CB, alginato de sódio e biolatex (**Experiência 3.B.**) teve na sua constituição a mesma receita, ou seja, 20 g/L de alginato de sódio, 40 g/L de glicerina e 140 g/L de CB triturada.

No entanto, esta experiência teve a adição de um novo ingrediente, o biolatex, que corresponde a um latex de borracha natural biodegradável, ecológico para o meio ambiente, e que pode

contribuir para a repelência à água e para a suavidade do têxtil resultante desta experiência, proporcionando, assim, um novo material para a ITV.

Assim, após o período de 24 horas de refrigeração, adicionou-se à receita 60 mL/L de biolatex, com o auxílio de um agitador de alta velocidade, durante aproximadamente 5 minutos para garantir a homogeneidade da mistura. Em seguida, o conteúdo foi espalhado numa placa de Petri, com o cloreto de cálcio distribuído na sua superfície inferior e superior. Por fim, a placa com o conteúdo foi colocada na estufa a uma temperatura de 60 °C (Figura 38 e Figura 39).

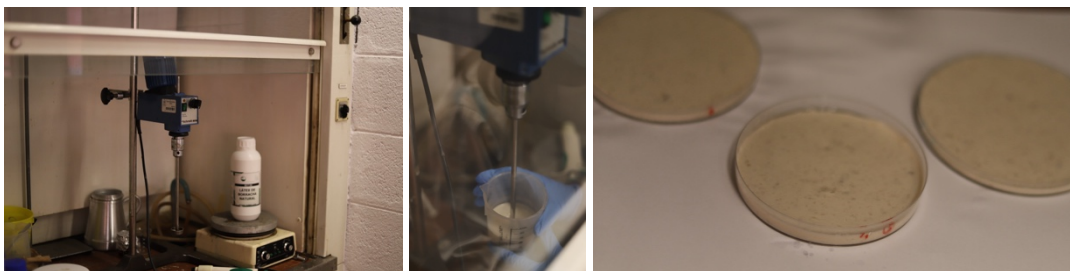


Figura 38– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo biolatex (Experiência 3.B.).

Fonte: (Autora).

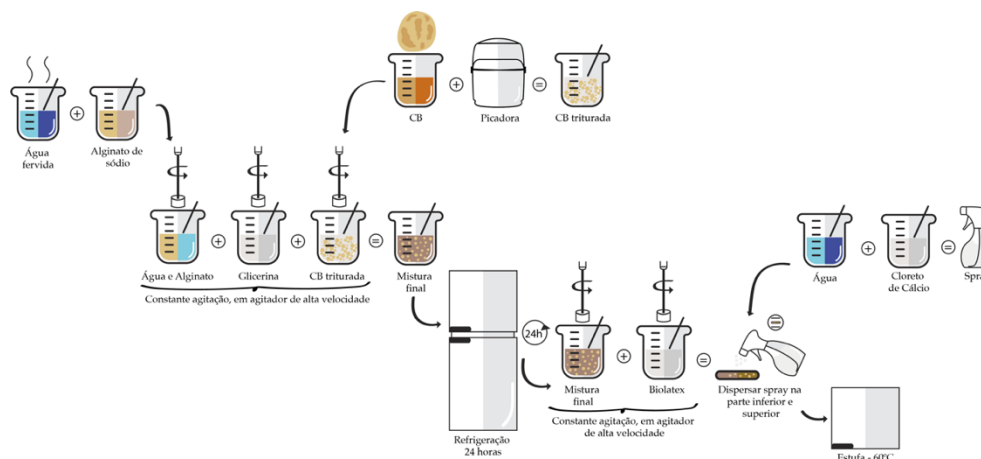


Figura 39– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo biolatex (Experiência 3.B.).

Fonte: (Autora).

5.2.3.3. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Alginato de Sódio contendo Persistol HP

O biocompósito de CB e alginato de sódio contendo o agente hidrofóbico, Persistol HP, foi preparado usando 140 g/L de CB triturada, 40 g/L de glicerina e 20 g/L de alginato de sódio (**Experiência 3.C.**). Após a obtenção de uma mistura homogênea com água, o biocompósito foi colocado a resfriar durante 24 horas. Posteriormente, foram adicionados 60 mL/L de Persistol

HP à mistura, que foi então transferida para uma placa de Petri de vidro. Após borrifar a superfície com cloreto de cálcio, a placa foi colocada na estufa a cerca de 120 °C (Figura 40 e Figura 41).



Figura 40– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo Persistol HP (Experiência 3.C.).

Fonte: (Autora).

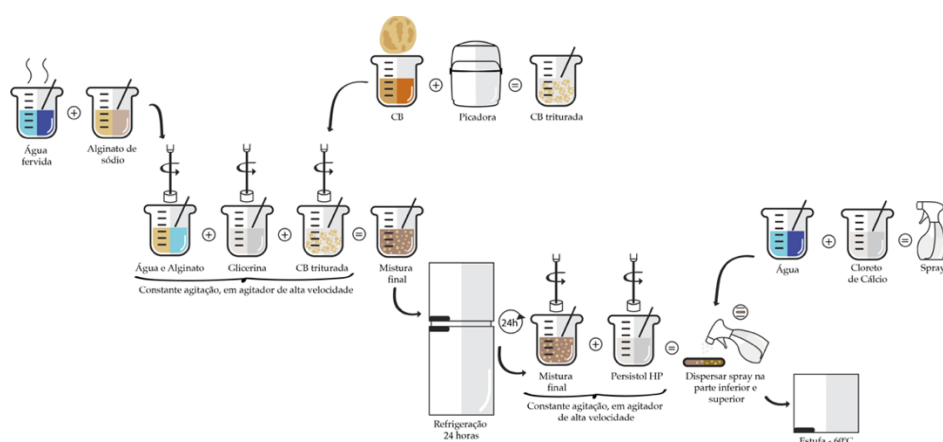


Figura 41– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo Persistol HP (Experiência 3.C.).

Fonte: (Autora).

5.2.3.4. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Alginato de Sódio contendo EVO Wet FES

O biocompósito de CB e alginato de sódio contendo o agente hidrofóbico, EVO Wet FES (**Experiência 3.D.**), foi preparado seguindo a mesma receita e procedimentos descritos para o biocompósito de CB e alginato de sódio com o agente hidrofóbico Persistol HP (Figura 42 e Figura 43).

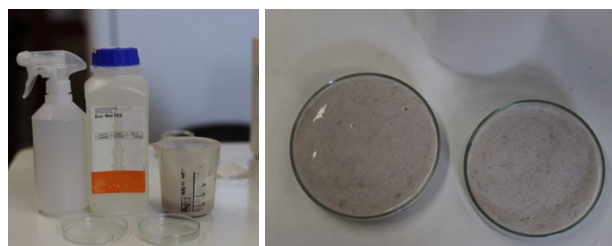


Figura 42– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo EVO Wet FES (Experiência 3.D.).

Fonte: (Autora).

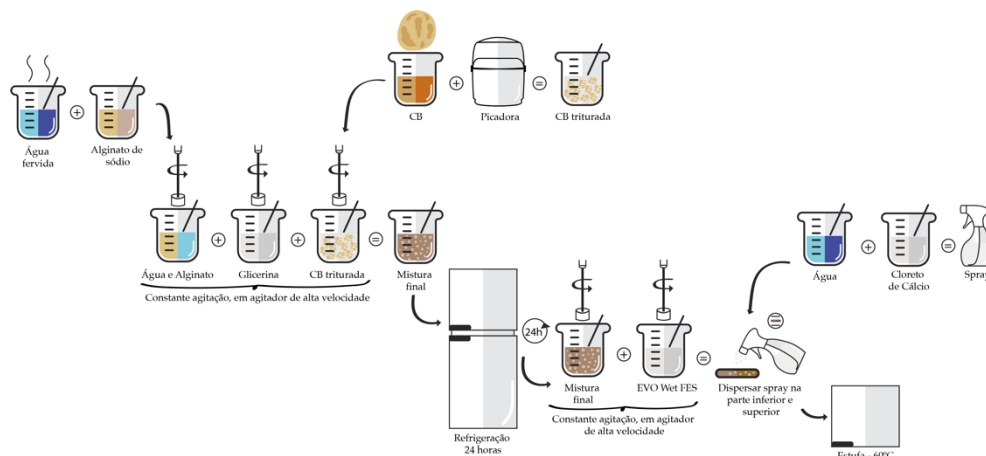


Figura 43– Esquema de preparação dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo EVO Wet FES (Experiência 3.D.).
Fonte: (Autora).

5.2.4. Biocompósitos de Celulose Bacteriana Reconstituída

Os biocompósitos de CB reconstituída foram produzidos a partir dos filmes de CB retirados dos biorreatores, os quais foram triturados numa picadora com sistema 1-2-3. Inicialmente, um biocompósito (**Experiência 4.A.**) foi elaborado utilizando a CB triturada reduzida a ínfimos pedaços. Esses ínfimos pedaços foram colocados numa tela de um quadro e friccionados até formarem ligações, resultando num biomaterial liso e uniforme. O quadro contendo o biomaterial foi colocado na estufa a cerca de 60 °C para secagem (Figura 44 e Figura 45).



Figura 44– Desenvolvimento dos biocompósitos de CB reconstituída (Experiências 4.A. e 4.B.).
Fonte: (Autora).

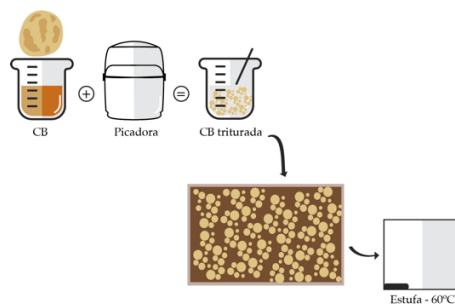


Figura 45– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB reconstituída (Experiência 4.A.).
Fonte: (Autora).

Alternativamente, o biocompósito resultante da reconstituição da CB na tela de um quadro foi removido da estufa antes de estar completamente seco, e, de seguida, foi pincelado, com a mistura de óleo de coco e óleo de linho, previamente desenvolvida na experiência 2.F.. Por fim, a CB reconstituída foi deixada a secar à temperatura ambiente até estar completamente seca, **experiência 4.B.** (Figura 46).

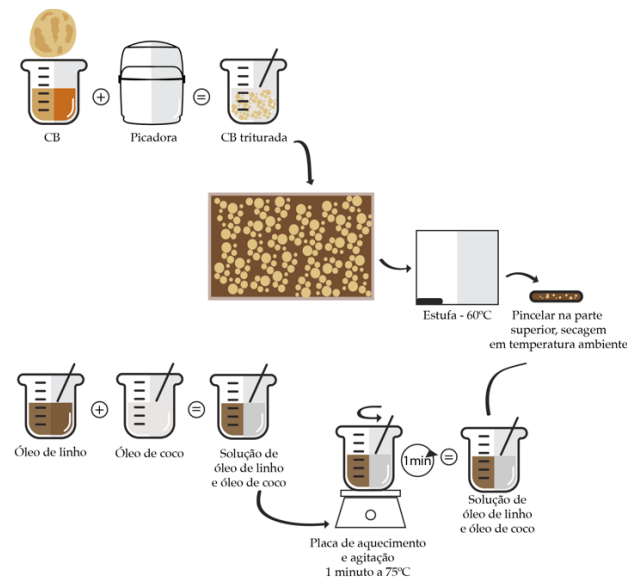


Figura 46– Esquema da preparação dos biocompósitos de CB reconstituída com óleo de linho e óleo de coco (Experiência 4.B.).
Fonte: (Autora).

5.3. Avaliação da Hidrofilicidade da Superfície dos Biocompósitos Produzidos

A capacidade de repelência à água dos biocompósitos produzidos na secção 5.2. foi avaliada através do teste da gota, um método simples, rápido e eficaz que permite avaliar qualitativamente a hidrofilicidade, ou seja, a afinidade pela água, de uma amostra. Para isso, amostras dos biocompósitos produzidos foram posicionadas sobre uma superfície plana e uma pequena gota de água foi cuidadosamente aplicada sobre a superfície do material utilizando uma pipeta. Após a aplicação da gota, a sua configuração sobre o material foi fotografada imediatamente (após 0 segundos). Passados 30 segundos, a aparência da gota sobre o material foi novamente registada para detetar quaisquer alterações na sua forma e dispersão. Através do método da gota, observou-se que numa superfície hidrofílica, a gota irá espalhar-se rapidamente após aplicação e pode mesmo desaparecer completamente devido à absorção, enquanto numa superfície hidrofóbica, a gota mantém a sua forma esférica inicial, com pouca ou nenhuma dispersão ao longo do tempo. Todas as fotografias foram tiradas mantendo o mesmo ângulo para assegurar uma comparação precisa entre as imagens.

Capítulo 6

6. Resultados e Discussão

6.1. Biocompósitos de Celulose Bacteriana Produzidos

Neste capítulo, apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos das experiências realizadas para a produção dos biocompósitos utilizando CB. As primeiras experiências, as **experiências 1.A. e 1.B.**, relativas à mistura de agar com CB e adição de glicerina, resultaram em biocompósitos com uma aparência transparente, textura rígida, pouco maleável e quebradiça. Embora fosse expectável uma textura mais gelatinosa e flexível, dadas as propriedades intrínsecas do agar e a capacidade de a glicerina atuar como agente plastificante, os materiais mostraram-se mais rígidos e frágeis do que o previsto. Além disso, ao serem introduzidos brilhos, a textura do material permaneceu semelhante, mas esteticamente tornou-se mais apelativa e cintilante (Figura 47).

1. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Agar

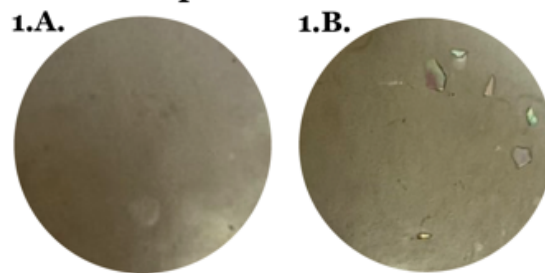
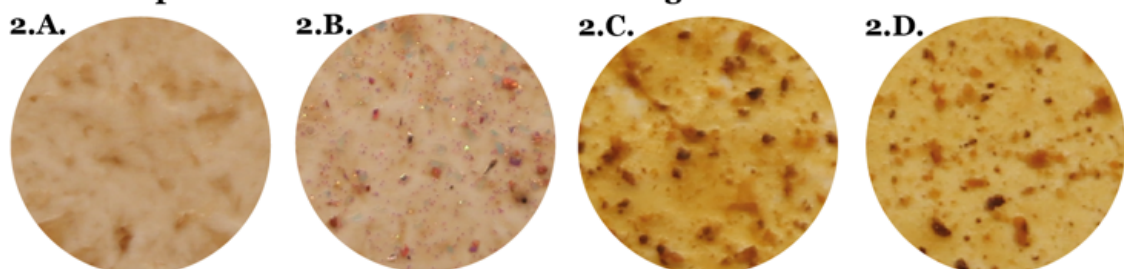


Figura 47– Biocompósitos de CB e Agar (Experiências 1.A. e 1.B.)
Fonte: (Autora).

As **experiências 2.A., 2.B. e 2.C.** produzidas a partir da mesma base de CB, alginato de sódio e glicerina, constituíram biocompósitos maleáveis e confortáveis ao toque. A **experiência 2.A.**, a mais simples, permitiu a visualização dos ínfimos pedaços de CB, incorporados no biomaterial, refletindo uma boa adesão entre os diferentes ingredientes, enquanto a **experiência 2.B.** foi complementada com uma textura brilhante, devido à adição dos brilhos, que lhe conferiram uma estética diferenciada. Por sua vez, a **experiência 2.C.** revelou uma textura rugosa, devido à introdução dos resíduos excedentes de cascas de frutas, oferecendo ao biotêxtil uma textura única, distinta e cativante, e com uma sensação olfativa frutada harmoniosa, suave e agradável (Figura 48).

2. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Alginato de Sódio



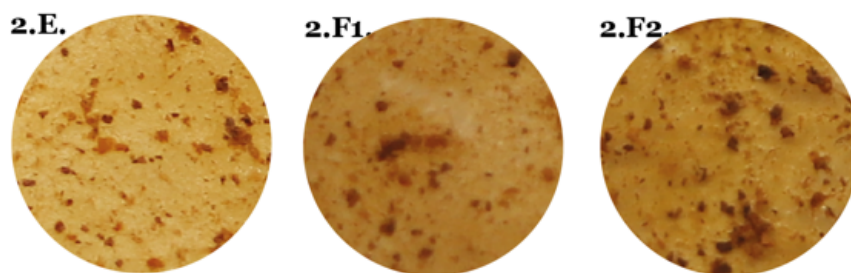


Figura 48– Biocompósitos de CB e Alginato de Sódio (Experiências 2.A., 2.B., 2.C., 2.D., 2.E. e 2.F.)
Fonte: (Autora).

Em todas estas experiências, usou-se a glicerina com o objetivo de evitar que os biocompósitos se tornassem rígidos e para promover a ligação entre todos os ingredientes da receita. Além disso, a glicerina foi usada para ajudar a tornar os biocompósitos mais hidrofóbicos, devido às suas propriedades repelentes à água. Contudo, apesar da glicerina poder ser proveniente de fontes vegetais, como óleos vegetais, ou gorduras animais, bem como da produção do biodiesel, ela é normalmente produzida a partir de produtos químicos derivados de resíduos de petróleo (Napavichayanun et al., 2018; Rezende et al., 2022). Desta forma, nas experiências seguintes, explorou-se a incorporação de óleos vegetais, nomeadamente do óleo de linho e do óleo de coco, como uma alternativa sustentável à glicerina. Assim, a **experiência 2.D.** consistiu em complementar a receita da **experiência 2.C.** com a adição do óleo de coco, o biomaterial apresentou um toque interessante, entre o delicado e irregular, tornando-se bastante maleável e pouco suscetível a quebrar. Consequentemente, a **experiência 2.E.** resultou na substituição do óleo de coco e da glicerina pela incorporação do óleo de linho, e o biocompósito obtido exibiu pouca flexibilidade, quebrando facilmente ao toque, embora não tenha demonstrado uma textura rugosa, como seria esperado, devido à presença dos resíduos das cascas de fruta. As **experiências 2.F.** testaram a viabilidade de combinar o óleo de linho com o óleo de coco. Na primeira experiência, resultante da junção dos óleos vegetais, como a CB, alginato de sódio e as cascas de fruta na receita do biocompósito, observou-se um biotecido extremamente frágil e quebradiço, impossibilitando o seu uso em qualquer aplicação em artigos da ITV. Por outro lado, na segunda experiência, na qual revestimos a superfície do biocompósito formado com a mistura dos óleos vegetais, obteve-se um biomaterial igualmente quebradiço, porém mais rígido do que o anterior (Figura 48).

As seguintes experiências incluíram agentes hidrofóbicos, nomeadamente um polímero biodegradável e hidrofóbico denominado de PCL, um latex de borracha natural chamado biol latex e dois agentes hidrofóbicos comercialmente disponíveis conhecidos como Persistol HP e EVO Wet FES. Estes agentes foram combinados com a mistura de CB, alginato de sódio e glicerina. Na **experiência 3.A.**, em que o PCL foi incorporado, observou-se uma textura bastante suave, conferindo uniformidade ao biocompósito. Já na **experiência 3.B.**, em que o biol latex foi adicionado ao biotêxtil, obteve-se uma textura suave e transparente, evidenciando os ínfimos pedaços de CB e proporcionando uma aparência translúcida e uniforme ao material. A

experiência 3.C. utilizando o Persistol HP, revelou uma superfície lisa e delicada, mas conferiu opacidade aos ínfimos pedaços de CB, tornando-os indistinguíveis. Por sua vez, na **experiência 3.D.** com o EVO Wet FES, visualizou-se uma aparência idêntica à experiência com o Persistol HP, porém com uma tonalidade mais clara e uma sensação mais plástica ao toque (Figura 49).

3. Biocompósitos de Celulose Bacteriana e Alginato de Sódio contendo Agentes Hidrofóbicos

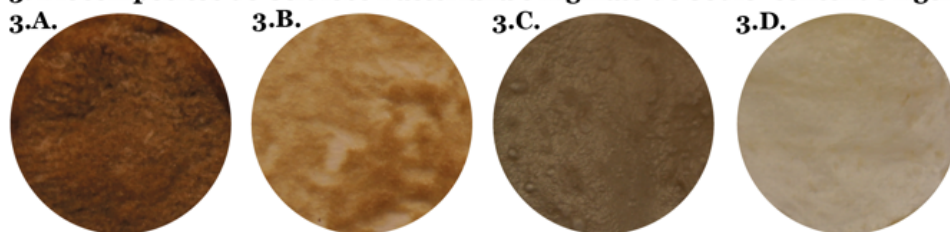


Figura 49– Biocompósitos de CB e Alginato de Sódio, contendo agentes hidrofóbicos (Experiências 3.A., 3.B., 3.C. e 3.D.)
Fonte: (Autora).

Por fim, os biocompósitos produzidos por CB reconstituída, nas **experiências 4.A.** e **4.B.**, evidenciara, uma textura similar à do papel. No entanto, a **experiência 4.B.** destacou-se por resultar numa aparência mais brilhante e gordurosa, devido ao revestimento com a mistura dos óleos vegetais (Figura 50).

4. Biocompósitos de Celulose Bacteriana Reconstituída

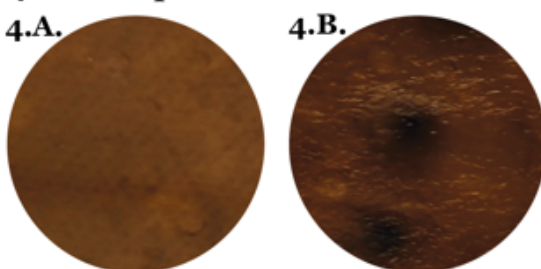


Figura 50– Biocompósitos de CB reconstituída (Experiências 4.A. e 4.B.)
Fonte: (Autora).

6.2. Hidrofilicidade da superfície dos Biocompósitos de Celulose Bacteriana Produzidos

Para avaliar a hidrofilicidade da superfície dos biocompósitos produzidos, foi realizada uma análise utilizando o método da gota. Os resultados revelaram que a gota suspensa sobre os materiais, compostos por CB e agar, **experiências 1.A** e **1.B.**, começou a espalhar-se após 30 segundos de contacto, sendo parcialmente absorvida pela superfície. Isto evidencia que ambas as superfícies não apresentam propriedade de repelência à água, o que era expectável devido à natureza hidrofílica da CB e do agar, limitando a sua utilização em produtos dos setores da ITV (Figura 51).

Em relação aos biocompósitos de CB e alginato de sódio, as **experiências 2.A.** e **2.B.** também evidenciaram um carácter hidrofílico, com uma absorção quase completa da gota após os 30 segundos de contacto com o biomaterial. Todavia, na **experiência 2.C.**, na qual foram adicionados os resíduos de cascas de fruta, mantendo a receita das experiências anteriores, observou-se uma menor dispersão da gota após os 30 segundos. Esta diferença pode ser atribuída às irregularidades na superfície do biotêxtil, causadas pelos resíduos dos excedentes alimentares. Por sua vez, a **experiência 2.D.**, na qual foi adicionado óleo de coco à receita contendo CB, alginato de sódio, glicerina e resíduos excedentes de cascas de frutas, apresentou uma ligeira absorção da gota após os 30 segundos de contacto. A gota achatou-se subtilmente na superfície do biomaterial, sugerindo um carácter mais hidrofóbico em comparação com as experiências anteriores, tornando-a potencialmente adequada para aplicação na ITV. Esta tendência foi aprimorada na **experiência 2.E.**, quando a glicerina e o óleo de coco foram substituídos pelo óleo de linho, resultando em uma superfície hidrofóbica. Nesta configuração, a gota manteve uma forma esférica, sem dispersão significativa. Contudo, o biotecido seria desejável para aplicação na ITV, caso não tivesse uma estrutura tão frágil, como descrito no ponto 6.1.. Similarmente, nas **experiências 2.F.**, inicialmente com a incorporação da mistura dos óleos vegetais na receita do biocompósito, e posteriormente, com a aplicação sobre a superfície seca do biomaterial, as gotas suspensas mantiveram a sua forma (Figura 51).

Em termos dos biocompósitos de CB e alginato de sódio contendo agentes hidrofóbicos, observaram-se os melhores resultados de impermeabilidade, como era esperado. Contudo, na **experiência 3.A.**, na qual o PCL foi misturado com a CB, a gota suspensa começou imediatamente a espalhar-se após o contacto com a superfície do biotêxtil. Apesar do PCL ser um polímero amplamente reconhecido pela sua excelente resistência à tração, estabilidade térmica e propriedades hidrofóbicas, além da sua ampla aplicação na área da biomedicina, a proporção na qual foi misturado pode ter sido insuficiente para conferir um carácter de repelência à água ao biocompósito (Barud et al., 2013). No entanto, na **experiência 3.B.**, ao utilizar o biolatex, o biomaterial exibiu um carácter hidrofóbico, uma vez que, a gota manteve a sua forma redonda sem dispersão após os 30 segundos. Desta forma, o biocompósito resultante desta mistura apresenta-se com uma opção viável para ser introduzido como um material alternativo ético, ecológico e sustentável no universo da ITV. A **experiência 3.C.** também foi bem-sucedida, apresentando a melhor definição da gota sobre o material mesmo após os 30 segundos de contacto, revelando o seu carácter hidrofóbico. Porém, na **experiência 3.D.**, na qual foi utilizado o agente hidrofóbico comercial EVO Wet FES, a gota espalhou-se logo ao entrar em contacto com a superfície, demonstrando não ser tão eficaz quanto o agente hidrofóbico comercial Persistol HP. Este resultado pode estar relacionado com a temperatura de fixação do agente no biocompósito, bem como com a proporção utilizada na mistura, fatores que podem ser otimizados, para alcançar um melhor resultado (Figura 51).

Por fim, os biocompósitos de CB reconstituída revelaram que o biomaterial obtido na **experiência 4.A.** exibiu uma maior dispersão da gota em comparação com o biotecido

proveniente da **experiência 4.B.**, o que seria de esperar devido à adição da mistura dos óleos vegetais na superfície do biocompósito 4.B. (Figura 51).

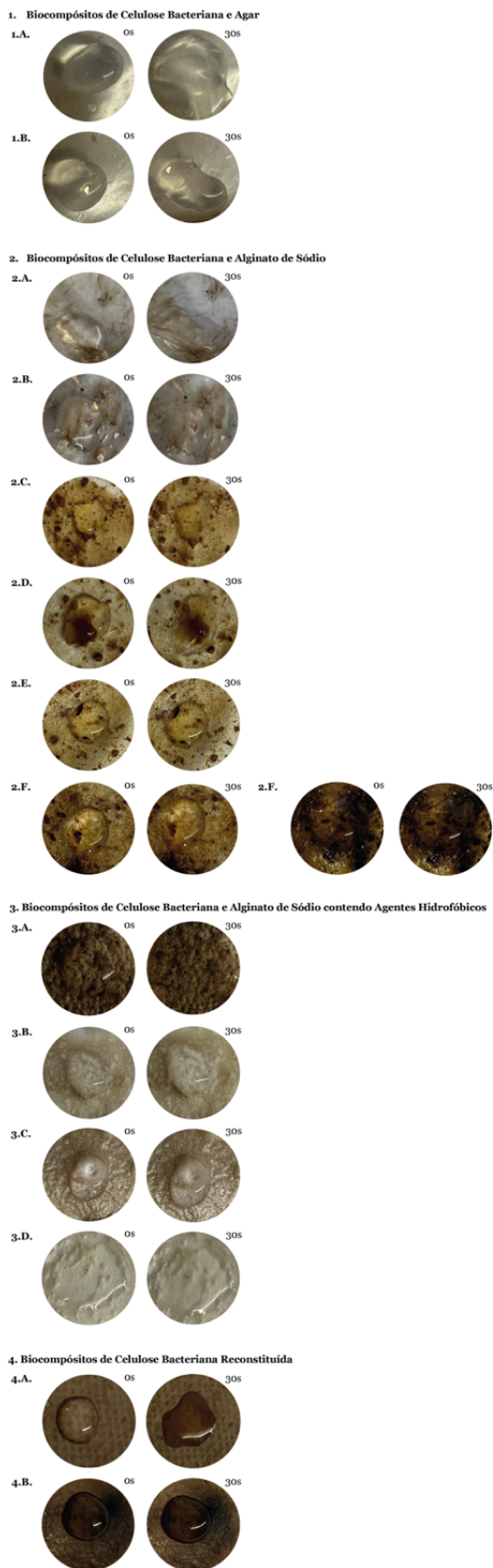


Figura 51– Resultados da hidrofiliidade dos biocompósitos produzidos.
Fonte: (Autora).

Capítulo 7

7. Processo Criativo

7.1. Introdução

O papel do designer é crucial na promoção de um planeta mais sustentável, considerando a crescente exigência por práticas éticas requeridas por grande parte da população. Torna-se assim essencial pensar em todas as fases, desde a concepção do material, até ao produto final. Desta forma é possível analisar o impacto ambiental que o produto terá no meio ambiente, onde habitam variadas espécies de seres vivos. No entanto, é importante ter em consideração que o mundo está cada vez mais próximo de uma revolução bioindustrial com o desenvolvimento de diversos materiais alternativos aos tradicionais, capazes de serem integrados em produtos de diversas indústrias. Neste contexto é crucial que o designer acompanhe a evolução tecnológica e científica, como é o caso da biotecnologia e da técnica de biofabricação, que permitem produzir biomateriais, como a CB. Deste modo, os consumidores procuram produtos mais amigos do ambiente, com o objetivo de reduzir a poluição e proporcionar uma maior estabilidade ao nosso planeta. Isto porque procuram materiais alternativos aos tradicionais que sejam acessíveis em termos de custos e não comprometam a qualidade e a funcionalidade dos produtos finais (Camere & Karana, 2018; Qin, 2016; WGSN, 2023).

A CB é um biomaterial único, produzido de forma ética através de diversos microrganismos, incluindo a bactéria *Komagataeibacter xylinum*. Apesar das suas inúmeras vantagens, verifica-se que a CB varia consideravelmente, o que implica que o produto final nunca seja igual ao que fora anteriormente desenvolvido. Assim, tanto a sua estética visual como a sua textura ao toque podem oscilar em diversos parâmetros nos artigos. No entanto, apesar destas variações, os produtos executados com este biomaterial, podem apresentar irregularidades, dissonância e diversas falhas, como as aberturas, as quais são encaradas como imperfeições não intencionadas, mas que conferem um aspeto autêntico, personalizado, criativo e inovador à coleção desenvolvida.

Considerando o descrito anteriormente, o tema da coleção refere-se à beleza da imperfeição, com o intuito de transmitir uma mensagem positiva que desafia as normas tradicionais de beleza e promove um sentimento de amor-próprio e de aceitação. Esta abordagem é inspirada pelas imperfeições da condição humana, visto que todos somos únicos, diferentes e imperfeitos, tal como a CB, que ao ser produzida e aplicada, apresenta uma grande diversidade de tamanhos, formas, texturas, cores e imperfeições.

Desta forma, a coleção desenvolvida pretende ser inclusiva e adaptar-se às mulheres com imperfeições, através de um biotêxtil ético, imperfeito e semitransparente, de modo a tornar visível a beleza da imperfeição da mulher aos olhos de qualquer pessoa. A composição do produto teve em conta o uso de produtos éticos, com cores naturais e contrastantes, bem como luzes e

brilhos, como também, o aproveitamento de resíduos alimentares, conferindo texturas, odores e tonalidades únicas aos artigos.

7.2. Inspiração

7.2.1. Macrotendência

A macrotendência escolhida, para o desenvolvimento da coleção, pertence ao ano de 2026, da plataforma da *Worth Global Style Network (WGSN)*.

Como mencionado ao longo do estudo, as marcas que compõem a ITV são obrigadas a adotar soluções holísticas, que promovam uma redução do impacto negativo no meio ambiente. Isto é essencial para evitar a escassez de recursos naturais. A continuação de práticas gananciosas e inconscientes levará à exaustão desses recursos num futuro próximo, recursos esses que são essenciais à vida humana e que contribuem para a estabilidade das alterações climáticas provocadas pelo aquecimento global, resultante da poluição gerada pela indústria. Portanto, ao optar por soluções responsáveis, as marcas conseguem cumprir com as leis e iniciativas emergentes, além de atender à nova consciência do consumidor. Neste sentido, a macrotendência selecionada intitulada “Ponto de Aceleração”, procura soluções cruciais em termos de materiais para ajudar a preservar o nosso planeta. Esta abordagem é impulsionada por uma revolução bioindustrial, promovida pela biotecnologia e pelo desenvolvimento de biomateriais, que se apresentam como uma excelente alternativa aos materiais mais poluentes no universo da ITV (Figura 52) (Hall & Klar, 2024).



Figura 52– Macrotendência “Ponto de Aceleração” da WGSN.
Fonte: (Hall & Klar, 2024).

Face a esta situação, é necessário considerar as inovações que englobam a macrotendência, como a “revolução bioindustrial” e as “ecologias fluidas”. A revolução bioindustrial trará novos materiais, com diversos ingredientes, que terão cadeias de produção diferenciadas das tradicionais e uma nova estética. Este facto é visível nos biomateriais proporcionados pela biotecnologia, que têm vindo a desenvolver-se, a ser testados e aperfeiçoados, para que as marcas,

que compõem a ITV possam usufruir dos mesmos, com o intuito de melhorar os seus níveis éticos através dos novos materiais. As ecologias fluídas promovem esses biomateriais, que devem ter um impacto positivo no planeta, evitando o uso contínuo de recursos naturais e a produção de poluição que afeta o aquecimento global e a biodiversidade. Contudo, esta inovação está associada ao sentimento de “solastalgia”, que significa a “saúde de como era o mundo antes da degradação ambiental” (Figura 53 e Figura 54) (WGSN, 2023).



Figura 53– Estratégias da “Revolução bioindustrial” da macrotendência “Ponto de Aceleração” da WGSN. Fonte: (WGSN, 2023).



Figura 54– Estratégias da “Ecologias Fluídas” da macrotendência “Ponto de Aceleração” da WGSN. Fonte: (WGSN, 2023).

7.2.2. Perfil do Consumidor

A macrotendência escolhida foi impulsionada por consumidores que sentem angústia e anseio. A “angústia moral” é um sentimento que surge quando uma pessoa realiza uma ação, que contraria os seus valores. Segundo um exemplo da plataforma WGSN, adequado à presente investigação, existem pessoas que compram produtos de diversas cadeias de *fast-fashion*, mesmo sabendo que essas práticas são pouco éticas em termos humanitários e bastante poluentes. No entanto, essas pessoas não conseguem suportar o custo dos produtos feitos com materiais mais amigos do ambiente, ou seja, as pessoas não conseguem adotar o estilo de vida sustentável que desejam, o

que gera um sentimento de angústia e pode aumentar ou gerar depressão (Figura 55) (Bell & Napoli, 2024).



Figura 55– Sentimento do consumidor “Angústia moral” da WGSN.
Fonte: (Bell & Napoli, 2024).

O “anseio” é um sentimento entendido por pessoas que sofreram alguma perda e sentem falta de algo, como a “solastalgia”, ou seja, estas pessoas sentem saudades de um mundo mais estável e equilibrado e anseiam por uma capacidade financeira que lhes permita adquirir produtos que tragam o estilo de vida que desejam e despertem um sentimento de esperança (Figura 56) (Bell & Napoli, 2024).

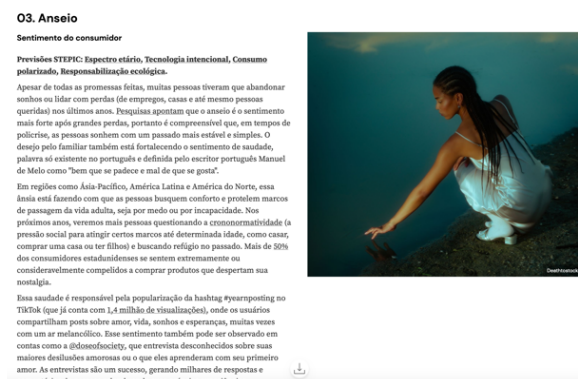


Figura 56– Sentimento do consumidor “Anseio” da WGSN.
Fonte: (Bell & Napoli, 2024).

Estes dois sentimentos têm como principal culpado o crescente conceito de polícrise, que é formado por períodos e momentos negativos no mundo global. De maneira resumida, este conceito é gerado por problemas como a degradação ambiental, que tem causado alterações climáticas e escassez de recursos naturais no nosso meio ambiente, e pela pandemia de COVID-19, que fez parar os comércios, inflacionou mercados e aumentou o custo de vida. Além disso, as guerras que têm surgido, como a guerra entre a Rússia e a Ucrânia e a guerra entre o Irão e a Síria, aumentam o risco de uma guerra nuclear (Oliveira, 2023).

Assim, acredita-se que o perfil do consumidor para a coleção seja sinérgico, uma vez que o indivíduo opta por participar em colaborações éticas. Essas colaborações envolvem diversos

artigos que conseguem alcançar uma diminuição significativa da poluição visível no planeta Terra, graças à cooperação e ao esforço para alcançar o objetivo de um mundo melhor para as próximas gerações (Figura 57) (Bell & Napoli, 2024).

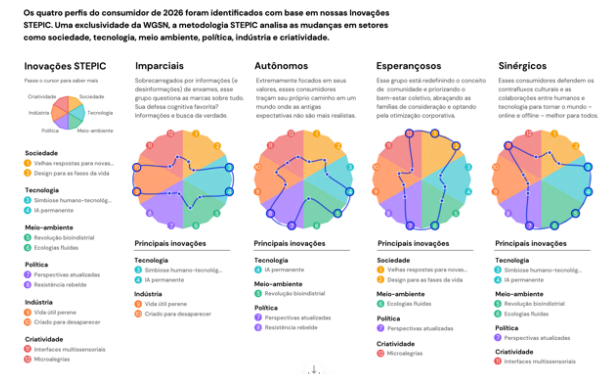


Figura 57– Perfis dos consumidores da WGSN.
 Fonte: (Bell & Napoli, 2024).

7.2.3. Paleta de Cores

A paleta de cores anual da estação Primavera/Verão 2026, incluiu nove famílias de cores, que correspondem ao vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, roxo, rosa, cinza e tons neutros. Essas cores são combinadas para criar produtos com tons contrastantes (Figura 58) (Samba, 2024).



7.3. Conceito

A ITV é uma das indústrias que mais impacto tem trazido para o nosso meio ambiente, e é necessário reverenciar as questões éticas que a envolvem, devido às leis, iniciativas e à crescente consciência dos consumidores. Os futuros consumidores estão conscientes do impacto negativo e sentem saudades de como o mundo era antes da degradação ambiental causada pela indústria. Por esse motivo, procuram produtos mais sustentáveis e acessíveis, alinhados com os seus valores e estilo de vida.

Neste contexto, o material escolhido para compor a coleção-cápsula teve uma relevância significativa, sendo amplamente ecológico, não envolvendo exploração de seres vivos e não contribuindo para a escassez de recursos naturais prejudiciais à vida humana, como é o caso dos materiais têxteis tradicionais. Este material, como já mencionado, é a CB, que além de vantajoso, possui um baixo custo de produção e representa uma evolução visível para o futuro próximo, devido à proximidade de uma revolução bioindustrial. Ele pode ser combinado com diversos biomateriais, incluindo aqueles investigados e introduzidos na coleção proposta. Não obstante, é importante destacar que um dos biomateriais foi produzido usando resíduos alimentares, mais concretamente, resíduos excedentes de cascas de frutas. Esse facto permite uma melhoria das condições ambientais, reduzindo as emissões de dióxido de carbono para a atmosfera, enquanto oferece uma tonalidade e textura únicas ao material. Além disso, outros biotêxteis presentes na coleção foram incorporados com brilhantes e pó cromado. Estes dois elementos proporcionam brilho e luminosidade aos materiais, além de possuírem características éticas, uma vez que são produzidos de forma ecológica, usando apenas recursos naturais sustentáveis, vegan e biodegradáveis.

Assim, a coleção de Verão do ano 2026 intitula-se de *Bio Imperfect* e tem o objetivo de celebrar a beleza da imperfeição da condição humana, incluindo rugas, estrias, celulite, acne, gordura e cicatrizes que possam ser visíveis no corpo feminino. O tema das imperfeições foi impulsionado pela sociedade, representando o oposto dos padrões de beleza e, de certa forma, prejudicando a mulher, ao causar-lhe inseguranças. No entanto, as imperfeições têm uma beleza única e conferem singularidade à mulher.

Desta forma, a CB é um biomaterial que incorpora irregularidades, dissonância e diversas falhas, como as aberturas indesejáveis. Estes pontos negativos são também encarados como imperfeições que não foram propositadas, mas que conferem um aspeto autêntico, personalizado, criativo e inovador à coleção desenvolvida. Assim, a coleção pretende valorizar as imperfeições da mulher através do desenvolvimento de biocompósitos irregulares e semitransparentes, executados com CB, apresentando tonalidades naturais e contrastes subtis de brilhos e luzes. O objetivo é promover a aceitação do corpo de cada mulher e incentivar o empoderamento de amor-próprio e da inclusão para um consumidor sinérgico e autêntico.

7.4. Especificações Técnicas da Coleção-Cápsula

A coleção-cápsula ética, denominada de *Bio Imperfect*, para a estação verão 2026, apresenta cinco coordenados completos, compostos por peças de vestuário e acessórios, incluindo malas e brincos, todos integrados nos diferentes setores da cadeia da ITV (Figura 61).

Estes coordenados foram desenvolvidos utilizando os biocompósitos produzidos no laboratório, tendo sido selecionados os biocompósitos provenientes das **experiências 2.A., 2.D., 3.B. e 3.D.** Na **experiência 2.A.** desenvolveu-se um biocompósito de CB e alginato de sódio contendo glicerina. Por sua vez, na **experiência 2.D.** criou-se um biocompósito de CB e alginato de sódio contendo glicerina, óleo de coco e resíduos de cascas de frutas. O resultado da **experiência 3.B.** foi um biocompósito de CB e alginato de sódio contendo biolatex, enquanto na **experiência 3.D.**, o biocompósito continha o agente hidrofóbico Persistol HP (mais detalhes disponíveis nos Capítulos 5 e 6). Além disso, para adicionar um toque extra de criatividade e estética, foram incorporados aos materiais resultantes das experiências selecionadas, brilhos de diferentes cores e pó cromado. Todos os materiais foram escolhidos com base na sua qualidade e adequação ao propósito da coleção, assegurando que cada peça da coleção *Bio Imperfect* atenda aos padrões de qualidade e responsabilidade ambiental exigidos na ITV.



Figura 61– Coleção-cápsula da *Bio Imperfect*.
Fonte: Autora.

7.4.1. Ilustração: Primeiro Coordenado

O primeiro coordenado é constituído por um vestido camiseiro com duas alças que aperta com dez botões dourados. O vestido deverá ser confeccionado com o biocompósito de CB e biolátex (**Experiência 3.B.**) e ganha destaque devido aos brilhos dourados e aos reflexos verdes incorporados. Em termos de acessórios, o coordenado inclui uma *tote bag* quadrada, possivelmente feita com o biocompósito de CB e alginato de sódio (**Experiência 2.A.**), com a adição de pó cromado rosa. E, por último, o coordenado é complementado por uns brincos retangulares, estreitando gradualmente desde a base até ao topo. Estes brincos são caracterizados pelo biocompósito de CB e alginato de sódio (**Experiência 2.A.**), adornados com brilhantes dourados, realçados por um toque de pó cromado rosa e finalizados com um gancho prateado (Figura 62).



Figura 62– Primeiro coordenado da coleção *Bio Imperfect*.
Fonte: Autora.

7.4.2. Ilustração: Segundo Coordenado

O segundo coordenado consiste em um conjunto monocromático, composto por um top curto e uma saia, possivelmente confeccionados com o biocompósito de CB e alginato de sódio incorporado com os resíduos alimentares (**Experiência 2.D.**). No que diz respeito às peças de vestuário, o top possui um formato de caixi que aperta com quatro botões dourados, enquanto a saia *midi* detém um fecho nas costas. Este coordenado inclui uma mala *shopper*, possivelmente elaborada com o biocompósito de CB e alginato de sódio (**Experiência 2.A.**), com adição de pó cromado prateado. Os brincos, sendo o último acessório a compor o coordenado, possuem uma configuração de um semicírculo e são compostos por dois materiais distintos e contrastantes. Este acessório de bijuteria pode ser dividido em duas partes: a parte superior do brinco pode ser feita com o biocompósito de CB e alginato de sódio contendo os excedentes alimentares (**Experiência 2.D.**), enquanto a parte inferior pode ser constituída pelo biocompósito de CB e alginato de sódio (**Experiência 2.A.**), adornados com pó cromado prateado e finalizados com um gancho dourado (Figura 63).



Figura 63– Segundo coordenado da coleção *Bio Imperfect*.
Fonte: Autora.

7.4.3. Ilustração: Terceiro Coordenado

O terceiro coordenado é integrado por um vestido com estilo de blazer, fechado com seis botões rosa. A composição do material deste vestido pode ter como origem o biocompósito de CB e Persistol HP (**Experiência 3.C.**), complementado com pó cromado rosa. Relativamente aos acessórios, a mala correspondente é uma *baguette bag* simples, adornada com brilhantes prateados e alguns reflexos azuis, podendo ser feita com o biocompósito de CB e biolatex (**Experiência 3.B.**). Os brincos têm uma forma predominantemente redonda, ligeiramente oval nas exterminadas, e podem ser fabricados com o biocompósito de CB e alginato de sódio, contendo resíduos alimentares (**Experiência 2.D.**), bem como pelo biocompósito de CB e alginato de sódio (**Experiência 2.A.**), com adição de pó cromado prateado, e finalizados com um gancho prateado (Figura 64).

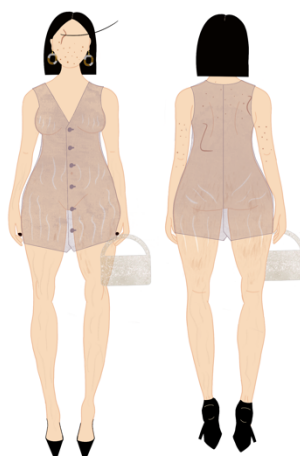


Figura 64– Terceiro coordenado da coleção *Bio Imperfect*.
Fonte: Autora.

7.4.4. Ilustração: Quarto Coordenado

O quarto coordenado tem no seu envolvimento um top curto, estilo colete, que aperta com três botões dourados, confeccionado com o biocompósito de CB e biolátex (**Experiência 3.B.**) e acrescido de brilhantes dourado e reflexos verdes. Além disso, complementando o conjunto, temos umas calças clássicas, possivelmente feitas com o biocompósito de CB e alginato de sódio contendo os excedentes agroalimentares (**Experiências 2.D.**). Em relação aos acessórios, o coordenado inclui uma mala *hobo* que pode ser fabricada com o biocompósito de CB e alginato de sódio incorporado com o agente hidrofóbico Persistol HP (**Experiência 3.C.**) e adicionada de pó cromado prateado. Por fim, os brincos de formato redondo, podem ser produzidos com o biocompósito de CB e alginato de sódio (**Experiência 2.A.**), adornados com brilhantes dourados e verdes, em combinação com o biocompósito de CB e alginato de sódio com resíduos de cascas de fruta (**Experiências 2.D.**). Os brincos são finalizados com um gancho dourado (Figura 65).



Figura 65– Quarto coordenado da coleção *Bio Imperfect*.
Fonte: Autora.

7.4.5. Ilustração: Quinto Coordenado

O quinto coordenado, o selecionado para confeccionar, consiste num vestido com estilo de linha de princesa elaborado com o biocompósito de CB e biolátex (**Experiência 3.B.**), acrescido de brilhantes prateados com alguns reflexos em azul. O vestido aperta nas costas com um fecho castanho, combinando com a tonalidade do biotêxtil. Relativamente aos acessórios deste conjunto, a mala corresponde a uma *tote bag* de formato redondo com duas alças, feita com o biocompósito de CB e alginato de sódio contendo os resíduos alimentares (**Experiência 2.D.**). Os brincos, em formato de gota, são compostos por três porções distintas: o topo é feito com o biocompósito de CB e alginato de sódio contendo excedentes alimentares (**Experiência 2.D.**), o meio com o biocompósito de CB e alginato de sódio (**Experiência 2.A.**) com adição de brilhantes prateados e azuis e a parte inferior com o biocompósito de CB e alginato de sódio (**Experiência 2.A.**) com adição de pó cromado prateado. Os brincos são finalizados com a aplicação de um gancho prateado (Figura 66).



Figura 66– Quinto coordenado da coleção *Bio Imperfect*.
Fonte: Autora.

7.4.6. Fichas Técnicas: Quinto Coordenado

O coordenado seleccionado é então composto por três artigos de moda: um vestido, uma mala e um par de brincos. O vestido é complementado por acessórios, representados por uma mala, associada à marroquinaria, e por brincos, ligados à bijuteria.

Ficha Técnica			
Coleção: Verão 2026	Referência: Coordenados_001	Designer: Joana Custódio	Data: junho de 2024
Segmento: Casual Wear	Modelo: Vestido, com linha de princesa	Género: Feminino	País de Origem: Portugal
Tamanho: S	Ciclo de vida: Produção	Descrição: Vestido, com linha de princesa, com uma composição de CB e biolates, com glitter prateado, azul e alguns reflexos de verde. O vestido aperta com um fecho de 60cm de comprimento.	
Ilustração:		Desenho Técnico:	
		<p>Frente: Linha do ombro: 17,50 cm; 8,50 cm; 20 cm; 66,50 cm; 27,50 cm. Linha do peito: 20 cm. Linha da cintura: 66,50 cm. Linha da anca: 66,50 cm. Linha do joelho: 27,50 cm.</p> <p>Costas: 8,50 cm; 22 cm; 66,50 cm; 29,50 cm.</p>	
Descrição operacional:	Cores:	Detalhes:	Etiquetas:
- O vestido deve ser elaborada por uma costura simples:	<ul style="list-style-type: none"> Cor 2 Cor 3 Cor 7 Cor 8 Cor 9 Cor 13 Cor 14 	<p>1: a etiqueta deve ser aplicada no centro</p> <p>2: a etiqueta deve ser aplicada após o fecho, no interior e na lateral esquerda</p> <p>Fecho: 60cm de comprimento</p>	<p>1: </p> <p>2: </p>
Notas adicionais:			
- Valor de costura: 1cm; - Sem bainha; - Sem forro.			
Materiais e Aviamentos:			
- Biocompósito de CB e biolates, com glitter prateado e azul (M_05.1); - Fecho invisível castanho, de 60cm (A_05.1); - Linha bege (A_05.2).			

Figura 67– Ficha técnica do quinto coordenado, relativamente ao vestido, da coleção *Bio Imperfect*.
Fonte: Autora.

Ficha Técnica			
Coleção: Verão 2026	Referência: Coordenado5_002	Designer: Joana Custódio	Data: junho de 2024
Segmento: Casual Wear	Modelo: Tote Bag redonda	Género: Feminino	País de Origem: Portugal
Tamanho: TU	Ciclo de vida: Produção	Descrição: Tote bag redonda, com duas alças de 30 cm de comprimento, sem profundidade e com uma composição de CB e alginato de sódio, com resíduos alimentares.	
Ilustração:		<p>Desenho Técnico:</p> <p>Frente e Costas:</p>	
<p>Descrição operacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O acessório deve ser elaborada por uma costura simples: 	<p>Notas adicionais:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Valor de costura: 1cm; - Sem forro. 	<p>Detalhes:</p> <p>1: a etiqueta deve ser aplicada no centro da mala, no topo e interior</p> <p>2: a etiqueta deve ser aplicada na lateral esquerda, a 10cm do fundo da mala</p>	<p>Etiquetas:</p>
<p>Materiais e Aviamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biocompósito de CB com resíduos alimentares (M_05.2); - Linha bege (A_05.2). 	<p>Cores:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cor 1 Cor 2 Cor 3 Cor 4 Cor 7 Cor 10 Cor 11 Cor 14 		

Figura 68– Ficha técnica do quinto coordenado, relativamente à mala, da coleção *Bio Imperfect*.

Fonte: Autora.

Ficha Técnica			
Coleção: Verão 2026	Referência: Coordenado5_003	Designer: Joana Custódio	Data: junho de 2024
Segmento: Casual Wear	Modelo: Brincos, estilo gota	Género: Feminino	País de Origem: Portugal
Tamanho: TU	Ciclo de vida: Produção	Descrição: Brincos, estilo gota, elaborados com o biocompósito de CB e resíduos alimentares, com o biocompósito de CB e alginato de sódio, com glitter prateado e azul, e com o biocompósito de CB e alginato de sódio, com pó cromado prateado.	
Ilustração:		<p>Desenho Técnico:</p> <p>Frente e Costas:</p>	
<p>Descrição operacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> - As misturas dos biocompósitos devem ser colocadas num molde, e devem secar na estufa, com uma temperatura de 60°C; - Posteriormente, deve ser aplicado um gancho ao brinco, para uma futura colocação. 	<p>Materiais e Aviamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biocompósito de CB com resíduos alimentares (M_05.2); - Biocompósito de CB com alginato de sódio, e glitter prateado e azul (M_05.3); - Biocompósito de CB com alginato de sódio, e pó cromado prateado (M_05.4). 	<p>Detalhes:</p>	<p>Embalagem:</p> <p>A embalagem deve ser elaborada por CB reconstituída.</p>
	<p>Cores:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cor 2 Cor 3 Cor 7 Cor 8 Cor 9 Cor 13 Cor 14 		

Figura 69– Ficha técnica do quinto coordenado, relativamente aos brincos, da coleção *Bio Imperfect*.

Fonte: Autora.

7.5. Planeamento e Produção da Coleção-Cápsula

O coordenado escolhido desdobra-se numa peça de vestuário e dois acessórios de moda, todos projetados para se integrarem de forma eficaz na ITV. A singularidade dos três elementos reside na seleção cuidadosa que foi feita relativamente aos materiais, uma vez que representam uma evolução notável alinhada com o conceito de biofabricação, vinculado á biotecnologia.

7.5.1. Produção da Peça de Vestuário

A peça de vestuário corresponde a um vestido simples, com uma composição igualitária ao biocompósito de CB e alginato de sódio, contendo agentes hidrofóbicos, que neste caso, refere-se ao biolatex (**Experiência 3.B.**). A experimentação em estado líquido evoluiu para um estado sólido, numa chapa de metal com 110 cm de altura e 42 cm de largura, com a finalidade de produzir um biotêxtil viável, para ser aplicado a uma indumentária. No entanto, devido às dimensões da chapa, a estufa tinha um tamanho inferior, e foi necessário recorrer ao auxílio de um aquecedor, para manter o biomaterial consistente, durante cerca de 16 horas, a uma temperatura de aproximadamente 60 °C. Assim, prontamente à completa secagem do biotecido, o mesmo foi retirado da chapa e obteve-se um couro vegan e sustentável, que passou pelo processo da modelagem e confeção. As películas do biomaterial foram cortadas com o auxílio de pesos e tesoura, resultando em duas peças para a frente e duas para as costas, preparando-se para uma possível confeção. O processo de confeção foi realizado com folhas de papel vegetal, na parte superior e inferior, de modo a permitir que o biomaterial corresse na máquina de costura, sendo que as partes frontais foram primeiro unidas, seguidas pelas partes traseiras, até o ponto de marcação do fecho de 60 cm de comprimento. Em seguida, as laterais foram costuradas, unindo as frentes com as costas, utilizando um valor de costura de 1 cm. Por fim, um fecho invisível castanho foi inserido na parte central traseira do biotecido, a partir do ponto de marcação. Contudo, como a peça se trata de um protótipo, o vestido não foi forrado e não foram efetuadas bainhas (Figura 70).

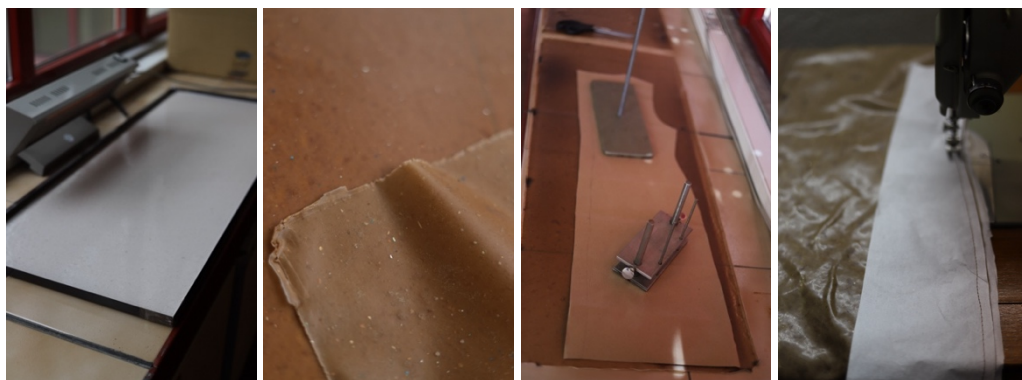


Figura 70– Desenvolvimento da produção do vestido da coleção *Bio Imperfect*.

Fonte: Autora.

7.5.2. Produção da Peça de Marroquinaria

A mala foi confeccionada a partir da mistura relativa à receita do biocompósito de CB e alginato de sódio contendo os resíduos alimentares (**Experiência 2.D.**). Esta mistura foi aplicada sobre um molde de silicone em forma de circunferência, com um diâmetro de 30 cm, e colocada na estufa a 60 °C, durante cerca de 8 horas, até secagem completa. Posteriormente, a peça foi retirada do molde para iniciar o processo de confecção da mala ecológica. Primeiramente, realizou-se uma marcação de 5 cm de altura, utilizando uma folha de papel no topo da mala. Esta marcação permitiu iniciar a costura com um valor de costura de 1 cm, até atingir a próxima marcação, que se encontrava localizada na mesma altura, mas do lado oposto. Em seguida, duas alças de 30 cm de comprimento foram costuradas no interior da mala, no local previamente marcado (Figura 71).



Figura 71– Desenvolvimento da produção da mala da coleção *Bio Imperfect*.

Fonte: Autora.

7.5.3. Produção da Peça de Bijuteria

Os brincos foram produzidos seguindo um processo semelhante ao da mala. No entanto, a composição utilizada envolveu tanto o biocompósito de CB e alginato de sódio com resíduos alimentares (**Experiência 2.D.**), quanto o biocompósito de CB e alginato de sódio (**Experiência 2.A.**), adicionando brilhos e pó cromado. Neste contexto, foram preparadas diferentes combinações e as misturas resultantes foram moldadas em moldes específicos destinados a brincos e colocadas numa estufa a 60 °C, durante cerca de 4 horas para secagem. Após secagem, os brincos foram retirados dos moldes e aplicados ganchos “reciclados” de outros brincos, garantindo assim um ciclo de vida sustentável para o produto (Figura 72).



Figura 72– Desenvolvimento da produção dos brincos da coleção *Bio Imperfect*.

Fonte: Autora.

7.5.4. Custo Aproximado

Para cada artigo foi calculado um preço unitário, permitindo uma análise económica do coordenado. Apesar disso, esta análise deve ser considerada uma perspetiva preliminar, pois, o custo da energia elétrica foi um dos fatores que não foi completamente determinado. Isto porque, os aparelhos têm diferentes voltagens e não foi possível obter o consumo energético de cada um. Desta maneira, para estimar o custo de energia na elaboração dos biocompósitos, foi usado o preço de kilowatt-hora (kWh), das Energias de Portugal (EDP), que tem um custo de 0,15540 €. Em suma, a elaboração deste cálculo é crucial para uma maior exequibilidade da investigação, apesar de algumas incertezas, especialmente em relação ao consumo energético, é plausível obter-se uma ideia aproximada do valor monetário de cada artigo. Não obstante, o custo monetário dos brilhantes, do pó cromado e do cloreto de cálcio não foi somado, devido à quantidade reduzida que foi exigida, para cada artigo.

Conforme mencionado na secção 7.6.1., o vestido foi composto por quatro películas de 110 cm de altura e 42 cm de largura, por intermédio do biocompósito de CB e alginato de sódio, contendo o agente hidrofóbico, denominado de biolatex (**Experiência 3.B.**). Inicialmente, foi realizado um cálculo do crescimento da celulose microbiana, levando em consideração o pré-inóculo já existente na UBI. Desta forma, apenas foi necessário alimentar o consórcio microbiano, com o objetivo de formar filmes de CB, que seriam posteriormente trituradas para criar o biocompósito. Para a preparação do meio de cultura necessário para o crescimento das bactérias e leveduras, foram adicionados os seguintes ingredientes: 5 saquetas de chá verde com um custo de 0,20 €; 4 saquetas de chá preto comercial com um custo de 0,15 €; 70 g de glucose com um valor monetário de 0,11 €, e 1000 mL de água com custo de 0,19 €. Além disso, o custo de energia foi calculado em 0,16 € por kWh. Devido à falta de informações precisas sobre o consumo total da estufa utilizada para o crescimento da celulose microbiana, estimou-se um período de 24 horas, até o total crescimento das películas, que seriam adicionadas ao biocompósito, dando um valor de 3,73 €. Assim, o custo total da CB é de 4,38 €, para apenas um dos quatro biomateriais. Após a CB ter sido triturada, procedeu-se à combinação com os demais ingredientes que compõem o biocompósito desenvolvido para o vestido. Para isso, foram utilizados: 2500 mL de água com um custo de 0,47 €; 50 g de alginato de sódio com um custo de 4,43 €; 100 g de glicerina com um custo de 0,95 €, e 156,25 mL de biolatex com um custo de 1,70 €. Além dos ingredientes, foram necessárias 16 horas de luz para que o tecido ganhasse consistência, através do uso de um aquecedor, gerando um custo de 2,48 €. Desta maneira, somando todos os custos, incluindo o valor da CB, o custo total para produzir uma película do biotêxtil foi de 14,43 €. No entanto, como foram necessárias quatro películas para a confecção do tecido, o valor total do biotêxtil foi de 57,62 €. Apesar disso, a confecção da peça de vestuário necessitou de alguns aviamentos adicionais, como um fecho de 60 cm de comprimento, que custou 1,53 €, e uma linha de costura castanha com um valor de 2,00 €. Além dos materiais, o custo de mão de obra é saliente nesta análise e foi calculado em 5,00 € por hora. Foram necessários aproximadamente 30 minutos para confeccionar a peça, resultando num valor de 2,50 €.

Dessa maneira, o custo do biotêxtil com a soma dos aviamentos e mão de obra, corresponde a 63,65 €. Todavia, foi aplicada uma margem comercial de 1,5, para definir o Preço de Venda ao Público (PVP), resultando num custo final de 95,48 €.

Para a confecção da mala, foram elaboradas quatro películas de 30 cm de diâmetro, por meio do biocompósito de CB e alginato de sódio contendo os resíduos alimentares (**Experiência 2.D.**) conforme descrito na secção 7.6.2., e similarmente à peça de vestuário, foi necessário desenvolver filmes de CB, que seriam posteriormente recolhidos e triturados. Assim, para alimentar o consórcio microbiano utilizou-se 500 mL de água com um custo de 0,10 €; 3 saquetas de chá verde com um custo de 0,12 €; 2 saquetas de chá preto com um custo de 0,08 €, e 35 g de glucose com um custo de 0,04 €. No entanto, tal como no artigo anterior, existe falta de informações sobre a voltagem do aparelho, sendo que se considerou que seriam necessárias aproximadamente 12 horas, para a formação do filme de CB, resultando em 1,87 €. Deste modo, somando todos os valores, a celulose microbiana teve um custo total de 2,21 €. Todavia, esta receita teve a quantidade exigida para a formação do biocompósitos necessário para o biotecido da mala. Com a biocelulose produzida e triturada, foram adicionados 42 g de CB a 300 mL de água com custo de 0,06 €; 6 g de alginato de sódio com um custo de 0,54 €; 12 g de glicerina com um valor de 0,12 €, e 3 g de óleo de coco com o valor de 0,02 €. Além disso, a mistura que originou o biocompósito resultou na adição de 7,5 g de resíduos de cascas de fruta, que além de gratuitos, necessitaram de passar pelo processo de desidratação numa estufa. Desta maneira e devido ao facto de não se ter informação da voltagem do aparelho, fez-se uma estimativa de 24 horas, que originou um valor de 3,73 €. Assim, a soma destes valores, excluindo a CB, foi de 3,93 €, para formar apenas uma película redonda. No entanto, como foram necessárias quatro películas, o valor corresponde a 15,72 €, e com o custo da CB os biotêxteis aumentam para os 17,93 €. Todavia, para a produção da mala, foi utilizada uma linha de costura castanha, com o custo de 1,50 € e o custo de mão de hora, calculado a 5,00 € por hora, exigiu apenas 15 minutos, resultando num valor de 1,25 €. Dessa forma o custo total da produção e confecção da mala ficou em 20,88 €, e com a aplicação da margem comercial de 1,5, o PVP ficou estabelecido em 31,02 €.

Os brincos foram produzidos através de moldes específicos, por intervenção do biocompósito de CB e alginato de sódio contendo os resíduos alimentares (**Experiência 2.D.**), do biocompósito de CB e alginato de sódio (**Experiência 2.A.**) com brilhos, e do biocompósito de CB e alginato de sódio (**Experiência 2.A.**) com pó cromado, como descrito na secção 7.6.3.. Assim, foi necessário produzir filmes de CB para serem incorporados nos biocompósitos que formam os brincos, tendo sido usado 200 mL de água com um custo de 0,04 €; 1 saqueta de chá verde com um valor de 0,04 €; 1 saqueta de chá preto de 0,04 € e 14 g de glucose com um custo de 0,02 €. O consórcio microbiano foi alimentado com esses componentes, e para a formação dos filmes de biocelulose foi necessário um processo de incubação de aproximadamente 6 horas, cujo custo foi de 0,96 €, apesar de a voltagem exata da estufa não ser conhecida. Portanto, o custo total aproximado para a formação dos filmes ficou a um valor de 1,10 €. Para calcular o custo total de produção de um brinco, ao usar os biocompósitos, foi necessário somar os custos das três partes,

que envolvem o brinco, conforme descrito. Inicialmente, procedeu-se à junção de 3,50 mL de água com 0,07 g de alginato de sódio com o custo de 0,01 €; de 0,14 g de glicerina com o custo de 0,01 €; de 0,04 g de óleo de coco com o valor de 0,01 €, e de 4,9 g de CB. Contudo, nesta mistura foram incorporados os resíduos alimentares, que apesar de gratuitos necessitaram de passar por um processo de desidratação em estufa, sendo usadas 24 horas de energia, com um custo de 3,73 €. Este dado não é completamente correto devido a não se saber exatamente a voltagem do equipamento. De seguida, foram envolvidos 6,50 mL de água com um valor de 0,02 €, a 0,13 g de alginato de sódio com um custo de 0,02 €, e a 0,26 g de glicerina com um valor de 0,03 €. Deste modo, o total dos biocompósitos para formar apenas um brinco tem um valor de 3,84 €. Assim, o total dos biocompósitos para um par de brincos ronda os 7,68 €.

Após as misturas serem produzidas e colocadas nuns moldes, foram à estufa durante 4 horas, resultando num valor de 0,64 €, aumentando o valor dos brincos para 8,32 €. Assim, o custo de mão de obra tem um valor de 5,00 € à hora, sendo necessário apenas 5 minutos, com o valor de 0,42 €. Ao valor de todos os elementos, praticou-se uma margem comercial de 1,5 e obteve-se um PVP de 13,11 € para um par de brincos, visto que o gancho é gratuito devido a ter sido reaproveitado.

7.6. Registo Fotográfico



Figura 73– Registo fotográfico do coordenado 5 da coleção *Bio Imperfect*.

Fonte: Autora.



Figura 74– Registo fotográfico de brincos desenvolvidos da coleção *Bio Imperfect*.
Fonte: Autora.

Capítulo 8

8. Conclusão e Perspetivas Futuras

8.1. Conclusões

A procura por materiais mais ecológicos e sustentáveis na ITV, torna-se cada vez mais imperativa para enfrentar os desafios ambientais e atender às expectativas dos consumidores. Neste sentido, a presente dissertação demonstra a potencialidade da CB, como um recurso inovador e promissor, no desenvolvimento de biocompósitos, destacando o biomaterial como versátil, de baixo custo, ecológico, ético e responsável, que tem um grande potencial de ser incorporado em diversas indústrias, incluindo no sector têxtil.

No âmbito da investigação, foram produzidos biocompósitos utilizando diferentes formulações de CB. Entre estas, destacam-se os compósitos de CB e alginato de sódio que foram desenvolvidos incorporando aditivos distintos, como óleos vegetais, resíduos de cascas de frutas, brilhos e pó cromado, além de agentes hidrofóbicos, como um biolatex. Estes biocompósitos demonstraram características promissoras para aplicação na ITV, destacando-se a sua estética, maleabilidade e conforto ao toque e ao uso, bem como uma melhoria na repelência à água da CB, sendo considerados como uma alternativa viável e sustentável aos materiais convencionais atualmente utilizados na indústria. Deste modo, foi possível dar resposta às questões de investigação colocadas, relacionadas com os problemas éticos enfrentados pela ITV, que envolvem tanto o uso de materiais de origem animal quanto o uso de compostos químicos sintéticos, que levantam questões sobre a sustentabilidade das práticas industriais e a necessidade de encontrar opções mais responsáveis. Desta maneira, foi possível descobrir uma solução suficientemente ecológica que evite tanto os materiais de origem animal quanto os sintéticos e artificiais, perante uma alternativa ética e de baixo impacto, como os biocompósitos compostos por CB.

Além disso, ao longo da dissertação foram elaborados três protótipos funcionais: um vestido, uma mala e um par de brincos, concebidos para o público-alvo de jovens adultos do sexo feminino, como parte de uma coleção-cápsula denominada *Bio Imperfect*, inspirada nas imperfeições da condição humana, à semelhança da CB. Esses protótipos comprovam a exequibilidade dos biocompósitos desenvolvidos para serem incorporados em diversos artigos. Contudo, além de demonstrarem essa viabilidade, também ajudam a responder à questão de investigação do estudo. Assim, pode considerar-se que a presente dissertação comprova a possibilidade de criar produtos inovadores e sustentáveis, atendendo às exigências estéticas e funcionais procuradas pelas empresas e consumidores, através de uma solução suficientemente ecológica que evita tanto os materiais de origem animal quanto os sintéticos e artificiais, que são materiais pouco éticos. Desta forma, os biotêxteis desenvolvidos respondem de forma positiva às preocupações ambientais, mas também à crescente consciência de ativistas e legisladores, na procura por um futuro mais responsável e sustentável para as gerações futuras.

Portanto, a investigação cumpre as regulamentações e as iniciativas atuais, promovendo a não exploração animal e a redução do uso de recursos naturais, essenciais para a vida humana e para a melhoria das condições ambientais e do bem-estar dos seres vivos. Além disso, contribui para a redução do uso de químicos altamente poluentes, prejudiciais em qualquer tempo e espaço.

8.2. Perspetivas Futuras

A criação e aplicação de biocompósitos com uma abordagem inovadora de CB, em diversos artigos, como peças de vestuário e acessórios de marroquinaria e bijuteria, representam uma inovação promissora na área dos novos materiais éticos. No entanto, além desta evolução positiva, criativa e promissora, é importante reconhecer que ainda existem vários parâmetros a serem aprimorados. Entre eles, destacam-se a otimização da produção dos biocompósitos de CB e a investigação de novas formulações, visando maximizar os benefícios ambientais e económicos destes materiais, que são exigidos e requisitados para um futuro próximo.

Neste sentido, de modo a maximizar os benefícios ambientais e económicos dos novos materiais produzidos, é fundamental interpretar o uso de outras fontes de energia mais baratas e com maior sustentabilidade ambiental, permitindo a redução do consumo de energia elétrica. Assim, é crucial utilizar fontes de energia renovável, como a energia solar ou a eólica, que proporcionam uma solução viável para diminuir os custos de produção, e conseqüentemente, aumentar a sustentabilidade do processo de fabricação. Para isso, é importante produzir os filmes de CB a partir de outras fontes, como desperdícios da IA, de modo a reduzir os custos económicos destes materiais e contribuir para uma EC.

Apesar disso, é essencial otimizar o tempo de produção e implementar processos de desperdício zero. Dessa maneira, uma das melhorias futuras cruciais deve focar-se na criação de moldes diversificados para a produção de diversos artigos de vestuário, permitindo reduzir o impacto ambiental ao minimizar o desperdício de excedentes. Esta abordagem é possível devido ao conceito de biofabricação que abrange a CB, como demonstrado na presente dissertação através dos moldes utilizados na produção dos brincos e da base da mala.

Além disso, apesar dos acessórios de bijuteria demonstrarem elegância e leveza, ganhando vida com o movimento do vento, é essencial melhorar a sua estabilidade e resistência ao desgaste para garantir uma maior durabilidade e evitar danos durante o uso. Uma solução para fortalecer a estabilidade pode envolver ajustes nas receitas, proporcionando um equilíbrio ideal aos brincos. Por outro lado, o acessório de marroquinaria apresentou uma textura ligeiramente gordurosa, evidenciando a necessidade de aprimorar a composição do biocompósito. Dessa forma, seria possível combater essa característica indesejada e tornar o produto final mais ergonómico e agradável ao uso.

Não obstante, os resultados obtidos com as formulações dos biocompósitos foram promissores e positivos, destacando os avanços alcançados. Contudo, é crucial continuar a explorar novas

composições que possam aumentar a funcionalidade dos biotecidos. Desta forma, não só se tornariam mais hidrofóbicos e versáteis como também ampliariam significativamente as suas aplicações na ITV, bem como noutras indústrias.

Referências Bibliográficas

- Abbate, S., Centobelli, P., Cerchione, R., Nadeem, S. P., & Riccio, E. (2024). Sustainability trends and gaps in the textile, apparel and fashion industries. *Environment, Development and Sustainability*, 26(2), 2837–2864. <https://doi.org/10.1007/S10668-022-02887-2>
- Abidi, W., Torres-Sánchez, L., Siroy, A., & Krasteva, P. V. (2022). Weaving of bacterial cellulose by the Bcs secretion systems. *FEMS Microbiology Reviews*, 46(2). <https://doi.org/10.1093/FEMSRE/FUAB051>
- About — Biofabricate. (n.d.). Retrieved November 30, 2023, from <https://www.biofabricate.co/about>
- About PETA | PETA.org. (n.d.). Retrieved January 24, 2024, from <https://www.peta.org/about-peta/>
- About Stella McCartney. (n.d.). Retrieved November 30, 2023, from <https://www.stellamccartney.com/gb/en/stellas-world/about-stella-mccartney.html>
- Adobe cria vestido digital | Portugal Têxtil | O Portal da Industria Têxtil Portuguesa. (2023, October). <https://portugaltexsil.com/adobe-cria-vestido-digital/>
- Agência Lusa. (2022, January 5). Designers de Viana do Castelo criam joias em celulose bacteriana e prata reciclada. <https://pt.fashionnetwork.com/news/Designers-de-viana-do-castelo-criam-joias-em-celulose-bacteriana-e-prata-reciclada,1366026.html>
- Animais usados para vestuário — Ética Animal. (n.d.). Retrieved November 29, 2023, from <https://www.animal-ethics.org/animais-usados-vestuario/>
- Animais utilizados como vestuário e acessórios | Em Defesa dos Direitos de Todos os Animais. (n.d.). Retrieved November 29, 2023, from <https://animal.org.pt/animais-no-vestuario-e-acessorios/>
- Arambula-Maldonado, R., & Mequanint, K. (2024). Sol-Gel Derived Gelatin–Bioactive Glass Nanocomposite Biomaterials Incorporating Calcium Chloride and Calcium Ethoxide. *Polymers*, 16(6), 747. <https://doi.org/10.3390/POLYM16060747>
- Araújo, S., Silva, F. M. da, & Gouveia, I. C. (2014). The Role of Technology Towards a New Bacterial-Cellulose-based Material for Fashion Design. *Journal of Industrial and Intelligent Information*. <https://doi.org/10.12720/jiii.3.2.168-172>
- Bartl, A., Hackl, A., Mihalyi, B., Wistuba, M., & Marini, I. (2005). Recycling of fibre materials. *Process Safety and Environmental Protection*, 83(4 B), 351–358. <https://doi.org/10.1205/PSEP.04392>
- Barud, H. S., Ribeiro, S. J. L., Carone, C. L. P., Ligabue, R., Einloft, S., Queiroz, P. V. S., Borges, A. P. B., & Jahno, V. D. (2013). Optically transparent membrane based on bacterial cellulose/ polycaprolactone. *Polimeros*, 23(1), 135–138. <https://doi.org/10.1590/S0104-14282013005000018>
- Bell, A., & Napoli, C. (2024, January 17). Consumidor do futuro 2026 - WGSN Fashion. <https://www.wgsn.com/fashion/article/654d997e580e1f7200bc20a9>

- Bento, D. (2022, March 25). Adeus crueldade animal: a pele de cogumelo é o futuro da moda – NiT. <https://www.nit.pt/compras/moda/adeus-crueldade-animal-a-pele-de-cogumelo-e-o-futuro-da-moda>
- Beyond Leather Materials. (2020, June 4). Beyond Leather Materials Wins Climate Award, Can Produce a Square Meter of Vegan Leather From Just 5Kg of Apple Pulp - *veconomist* - the vegan business magazine. <https://veconomist.com/fashion-design-and-beauty/beyond-leather-materials-wins-climate-award-can-produce-a-square-meter-of-vegan-leather-from-just-5kg-of-apple-pulp/>
- BioCouture by Suzanne Lee - *ICON Magazine*. (2011, August 10). <https://www.iconeye.com/design/biocouture-by-suzanne-lee>
- Blanco, S. (2019, June 13). Tesla Moves to Fully Vegan, Leather-Free Interiors in Model 3 and Upcoming Model Y. <https://www.caranddriver.com/news/a28005209/tesla-vegan-interiors/>
- Bolt Threads. (n.d.). Retrieved November 30, 2023, from <https://boltthreads.com/>
- Calfee, J. (2024, March 5). This Coperni bag is made almost entirely out of air. <https://www.harpersbazaar.com/uk/fashion/shows-trends/a60088423/coperni-air-swipe-bag-paris-fashion-week/>
- Camere, S., & Karana, E. (2018). Fabricating materials from living organisms: An emerging design practice. *Journal of Cleaner Production*, 186, 570–584. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.03.081>
- Cernansky, R. (2022, October 26). Balenciaga releases coat made with Ephea, a leather alternative | *Vogue Business*. <https://www.voguebusiness.com/sustainability/balenciaga-releases-coat-made-with-ephea-a-leather-alternative>
- Chang, Y. C., Liu, H. J., & Chen, B. J. (2023). Flexible resistive memory device based on agar. *Flexible and Printed Electronics*, 8(3). <https://doi.org/10.1088/2058-8585/ACE53A>
- Chi, W. J., Chang, Y. K., & Hong, S. K. (2012). Agar degradation by microorganisms and agar-degrading enzymes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 94(4), 917–930. <https://doi.org/10.1007/S00253-012-4023-2>
- Choi, Y. H., & Lee, K. H. (2021). Ethical consumers' awareness of vegan materials: Focused on fake fur and fake leather. *Sustainability (Switzerland)*, 13(1), 1–16. <https://doi.org/10.3390/SU13010436>
- Chua, G. K., Mahadi, N. I. F., & Tan, F. H. Y. (2021). Bacterial Cellulose Production from Agro-Industrial and Food Wastes. 169–186. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9696-4_7
- Clark, J. (2024, March 21). Previsão de cores 2025/26: acabamentos e tons metálicos - *WGSN Fashion*. <https://www.wgsn.com/fashion/article/65c11416fe06e6ee703dd8e8>
- Costa, M. (2024, March 6). Esta mala é composta por 99% de ar e é já um fenómeno - *RFM*. <https://rfm.sapo.pt/atualidade/17385/esta-mala-e-composta-por-99-de-ar-e-e-ja-um-fenomeno>
- Crane, D., & Bovone, L. (2006). Approaches to material culture: The sociology of fashion and clothing. *Poetics*, 34(6), 319–333. <https://doi.org/10.1016/J.POETIC.2006.10.002>

- Cunha, R. (2017, June 16). Projeto europeu utiliza bioplástico para fabricar tecidos biodegradáveis avançados - Stylo Urbano. <https://www.stylourbano.com.br/projeto-europeu-utiliza-bioplastico-para-fabricar-tecidos-biodegradaveis-avancados/>
- da Silva, C. J. G., de Medeiros, A. D. M., de Amorim, J. D. P., do Nascimento, H. A., Converti, A., Costa, A. F. S., & Sarubbo, L. A. (2021). Bacterial cellulose biotextiles for the future of sustainable fashion: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19(4), 2967–2980. <https://doi.org/10.1007/S10311-021-01214-X/TABLES/3>
- da Silva, C. M., Reis, R. L., Correlo, V. M., & Jahno, V. D. (2024). The efficient role of sodium alginate-based biodegradable dressings for skin wound healing application: a systematic review. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 35(3), 397–414. <https://doi.org/10.1080/09205063.2023.2289247>
- da Silva Junior, C. J. G., de Amorim, J. D. P., de Medeiros, A. D. M., de Holanda Cavalcanti, A. K. L., Do Nascimento, H. A., Henrique, M. A., Do Nascimento Maranhão, L. J. C., Vinhas, G. M., de Oliveira Souto Silva, K. K., de Santana Costa, A. F., & Sarubbo, L. A. (2022). Design of a Naturally Dyed and Waterproof Biotechnological Leather from Reconstituted Cellulose. *Journal of Functional Biomaterials*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/JFB13020049>
- Delgado, C. V. C., Breuer, R. L., & Forman, G. S. (2022). Organic waste bio-based materials for 3D extrusion : eggshells, shells sand and coffee grains with sodium alginate. *Convergências : Revista de Investigação e Ensino Das Artes*, XV, nº 29, 77–87. <https://repositorio.ipcb.pt/handle/10400.11/8023>
- Dicuonzo, G., Galeone, G., Ranaldo, S., & Turco, M. (2020). The key drivers of born-sustainable businesses: Evidence from the italian fashion industry. *Sustainability (Switzerland)*, 12(24), 1–16. <https://doi.org/10.3390/SU122410237>
- Dip, T. M., Emu, A. S., Nafiz, M. N. H., Kundu, P., Rakhi, H. R., Sayam, A., Akhtarujjman, M., Shoaib, M., Ahmed, M. S., Ushno, S. T., Asheque, A. I., Hasnat, E., Uddin, M. A., & Sayem, A. S. M. (2020). 3D printing technology for textiles and fashion. *Textile Progress*, 52(4), 167–260. <https://doi.org/10.1080/00405167.2021.1978223>
- Espaço Ecológico. (2022, February 20). Fibra têxtil feita de alga marinha, comum nas praias do Seixas e de Tambaba - Espaço Ecológico. <https://espacoecologico.com.br/fibra-textil-feita-de-alga-marinha-comum-nas-praias-do-seixas-e-de-tambaba/>
- Euronews. (2023, October 12). Proibição de peles na UE: A indústria europeia de peles está em perigo? | Euronews. <https://pt.euronews.com/business/2023/10/12/proibicao-de-peles-na-ue-a-industria-europeia-de-peles-esta-em-perigo>
- Fio biológico feito de fibras de alga marinha é biodegradável Redecoracao. (n.d.). Retrieved May 25, 2024, from <https://redecoracao.com.br/fio-biologico-feito-de-fibras-de-alga-marinha-e-biodegradavel/>
- Fundação Ellen MacArthur. (2017). A New Textiles Economy: Redesigning Fashion's Future. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/uma-nova-economia-textil>
- Garcia, E. (2012). A aplicação do látex da hevea brasiliensis em produtos têxteis sustentáveis, como material alternativo no design de moda. <https://ubibliorum.ubi.pt/handle/10400.6/1701>

- gbl jeans. (2021, October 22). Fibra têxtil de ágar é opção a insumos obtidos de fontes não-renováveis. <https://gbljeans.com.br/mercado/tecnologia/pesquisa-cria-fibra-textil-base-agar/>
- Girard, V. D., Chaussé, J., & Vermette, P. (2024). Bacterial cellulose: A comprehensive review. *Journal of Applied Polymer Science*, 141(15). <https://doi.org/10.1002/APP.55163>
- Gomes, F. P., Silva, N. H. C. S., Trovatti, E., Serafim, L. S., Duarte, M. F., Silvestre, A. J. D., Neto, C. P., & Freire, C. S. R. (2013). Production of bacterial cellulose by *Gluconacetobacter sacchari* using dry olive mill residue. *Biomass and Bioenergy*, 55, 205–211. <https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2013.02.004>
- Gruber, R., Häfner, M., & Kachel, S. (2023). Dressing up social psychology: Empirically investigating the psychological functions of clothing using the example of symbolic protection. *British Journal of Social Psychology*. <https://doi.org/10.1111/BJSO.12700>
- Gusarova, K. (2016). ‘Retaining their bestial character’: Fashion, fear of degeneration and animal protection in late imperial Russia. *Clothing Cultures*, 3(3), 283–303. https://doi.org/10.1386/CC.3.3.283_1
- Hall, L., & Klar, M. (2024, January 26). Grandes ideais 2026: moda - WGSN Fashion. <https://www.wgsn.com/fashion/article/658024868bd05fada71cb62a>
- Hearle, J. W. S. (2001). Textile Fibers: A Comparative Overview. *Encyclopedia of Materials: Science and Technology*, 9100–9116. <https://doi.org/10.1016/B0-08-043152-6/01643-0>
- Herold, P. I., & Prokop, D. (2023). Is fast fashion finally out of season? Rental clothing schemes as a sustainable and affordable alternative to fast fashion. *Geoforum*, 146, 103873. <https://doi.org/10.1016/J.GEOFORUM.2023.103873>
- Home - SQIM. (n.d.). Retrieved March 19, 2024, from <https://www.sqim.bio/>
- Islam, S. (2020). Sustainable raw materials: 50 shades of sustainability. *Sustainable Technologies for Fashion and Textiles*, 343–357. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102867-4.00015-3>
- Jonas, R., & Farah, L. F. (1998). Production and application of microbial cellulose. *Polymer Degradation and Stability*, 59(1–3), 101–106. [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(97\)00197-3](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(97)00197-3)
- Júnior, G. (2020, November 1). Conheça Giulia Dias, a modelo de 22 anos que é a aposta da vez no mundo da moda - *Jornal O Globo*. <https://oglobo.globo.com/ela/gente/conheca-giulia-dias-modelo-de-22-anos-que-a-aposta-da-vez-no-mundo-da-moda-1-24720762>
- Laavanya, D., Shirkole, S., & Balasubramanian, P. (2021). Current challenges, applications and future perspectives of SCOBY cellulose of Kombucha fermentation. *Journal of Cleaner Production*, 295, 126454. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.126454>
- LaBarbera, N. (2023, May 12). The Tory Burch Ella Bio Tote TikTokers Love - PureWow. <https://www.purewow.com/fashion/tory-burch-ella-bio-tote>
- Lahiri, D., Nag, M., Dutta, B., Dey, A., Sarkar, T., Pati, S., Edinur, H. A., Kari, Z. A., Noor, N. H. M., & Ray, R. R. (2021). Bacterial cellulose: Production, characterization and application as antimicrobial agent. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(23). <https://doi.org/10.3390/IJMS222312984>

- Lamarche-Beauchesne, R. (2023). Reviving the Silenced; Defining Vegan Fashion and Classifying Materials of Animal Origin. *Fashion Theory - Journal of Dress Body and Culture*, 27(7), 937–956. <https://doi.org/10.1080/1362704X.2023.2276547>
- Latex vs Natural Rubber Latex - Latex Applications | KEP. (n.d.). Retrieved April 14, 2024, from <https://www.kentelastomer.com/natural-rubber-vs-natural-rubber-latex/>
- Liu, Y., & Ma, D. (2013). The performance and development trends of low-carbon textile materials. *Applied Mechanics and Materials*, 291–294, 1421–1424. <https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMM.291-294.1421>
- Liz Ciokajlo. (n.d.). BioCouture ‘Grown Shoe’ – Liz Ciokajlo. Retrieved May 7, 2024, from <http://lizciokajlo.co.uk/project/biocouture-grown-shoe/>
- Lusa. (2022, January 5). Designers portuguesas criaram jóias sustentáveis – com celulose bacteriana e prata reciclada | Joalharia | PÚBLICO. <https://www.publico.pt/2022/01/05/p3/noticia/designers-portuguesas-criaram-joias-sustentaveis-celulose-bacteriana-prata-reciclada-1990864>
- Marketeer. (2022, March 29). Material à base de maçã é a nova alternativa ao couro para as marcas de luxo – Marketeer. <https://marketeer.sapo.pt/pele-de-maca-e-a-nova-alternativa-ao-couro-para-as-marcas-de-luxo/>
- Marks, A. (2019, August 20). Malai: biomaterial constructed from waste coconut water | Articles | News & resources | Building Centre. <https://www.buildingcentre.co.uk/news/articles/malai-biomaterial-constructed-from-waste-coconut-water>
- Mihaleva, G. (2021). Bio matter in creative practises for fashion and design. *AI and Society*, 36(4), 1361–1365. <https://doi.org/10.1007/S00146-020-00957-5>
- Modern Meadow | Brand Partners. (n.d.). Retrieved April 3, 2024, from <https://modernmeadow.com/partners>
- Morone, P., D’Adamo, I., & Yilan, G. (2023). Editorial overview: The fashion industry wears the circular economy and sustainability. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 42, 100815. <https://doi.org/10.1016/J.COAGSC.2023.100815>
- Mota, L. (2023). A Biotecnologia na transição para a moda sustentável: O potencial da celulose bacteriana. <https://ubibliorum.ubi.pt/handle/10400.6/13628>
- Muhammad, H., Alburae, N. A., Salam, M. A., Badshah, M., Khan, T., & Abo-Aba, S. E. M. (2024). Identification of Cellulose Producing Bacterial Strains: An Eco-friendly and Cost-effective Approach. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 18(1), 483–499. <https://doi.org/10.22207/JPAM.18.1.32>
- Napavichayanun, S., Yamdech, R., & Aramwit, P. (2018). Development of bacterial cellulose incorporating silk sericin, polyhexamethylene biguanide, and glycerin with enhanced physical properties and antibacterial activities for wound dressing application. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 67(2), 61–67. <https://doi.org/10.1080/00914037.2017.1297943>
- Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ONU Portugal. (n.d.). Retrieved November 15, 2023, from <https://unric.org/pt/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>

- Oliveira, H. (2023, October 26). Policrise ou o que mais irá acontecer? - VER. <https://ver.pt/policrise-ou-o-que-mais-ira-acontecer/>
- Özkaya, P., Dağbağlı, S., & Uyarcan, & M. (2023). Utilization of food wastes in production of bacterial cellulose. *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg*, 60(4). <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1350359>
- Pandey, A., Singh, A., & Singh, M. K. (2023a). Novel low-cost green method for production bacterial cellulose. *Polymer Bulletin*. <https://doi.org/10.1007/S00289-023-05023-W>
- Pandey, A., Singh, M. K., & Singh, A. (2023b). Bacterial cellulose: A smart biomaterial for biomedical applications. *Journal of Materials Research*. <https://doi.org/10.1557/S43578-023-01116-4>
- Papamichael, I., Chatziparaskeva, G., Voukkali, I., Navarro Pedreno, J., Jeguirim, M., & Zorpas, A. A. (2023). The perception of circular economy in the framework of fashion industry. *Waste Management and Research*, 41(2), 251–263. <https://doi.org/10.1177/0734242X221126435>
- Perivoliotis, M. C. (2005). The role of textile history in design innovation: A case study using hellenic textile history. *Textile History*, 36(1), 1–19. <https://doi.org/10.1179/174329505X37103>
- Plakantonaki, S., Kiskira, K., Zacharopoulos, N., Chronis, I., Coelho, F., Togiani, A., Kalkanis, K., & Priniotakis, G. (2023). A Review of Sustainability Standards and Ecolabeling in the Textile Industry. *Sustainability (Switzerland)*, 15(15). <https://doi.org/10.3390/SU15151589>
- Prisco, J. (2023, October 19). This faux-leather jacket is made by bacteria | CNN. <https://edition.cnn.com/style/bacteria-jacket-polybion-ganni-scen-climate-spc-intl/index.html>
- Provin, A. P., Cubas, A. L. V., Dutra, A. R. de A., & Schulte, N. K. (2021). Textile industry and environment: can the use of bacterial cellulose in the manufacture of biotextiles contribute to the sector? *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23(10), 2813–2825. <https://doi.org/10.1007/S10098-021-02191-Z>
- Provin, A. P., dos Reis, V. O., Hilesheim, S. E., Bianchet, R. T., de Aguiar Dutra, A. R., & Cubas, A. L. V. (2021). Use of bacterial cellulose in the textile industry and the wettability challenge—a review. *Cellulose*, 28(13), 8255–8274. <https://doi.org/10.1007/S10570-021-04059-3>
- Provin, A. P., Dutra, A. R. de A., de Sousa e Silva Gouveia, I. C. A., & Cubas, e. A. L. V. (2021). Circular economy for fashion industry: Use of waste from the food industry for the production of biotextiles. *Technological Forecasting and Social Change*, 169, 120858. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2021.120858>
- Provin, A. P., Regina de Aguiar Dutra, A., Machado, M. M., & Vieira Cubas, A. L. (2021). New materials for clothing: Rethinking possibilities through a sustainability approach - A review. *Journal of Cleaner Production*, 282, 124444. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.124444>
- Qin, Y. (2016). A brief description of textile fibers. *Medical Textile Materials*, 23–42. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100618-4.00003-0>

- Quijano, L., Speight, R., & Payne, A. (2021). Future fashion, biotechnology and the living world: microbial cell factories and forming new 'oddkins.' *Continuum*, 35(6), 897–913. <https://doi.org/10.1080/10304312.2021.1993574>
- Rathinamoorthy, R., & Kiruba, T. (2022). Bacterial cellulose-A potential material for sustainable eco-friendly fashion products. *Journal of Natural Fibers*, 19(9), 3275–3287. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1842841>
- Rezende, D. J. L. F. de, Sarrouh, B., Naves, F. L., & Lofrano, R. C. Z. (2022). Use of residual glycerin and glycerol in biopolymer preparation. *Revista Eletrônica Em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, e22. <https://doi.org/10.5902/2236117034859>
- Ryder, C. (2015). Material Culture: Social Change, Culture, Fashion and Textiles in Europe. *Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology*, 563–603. <https://doi.org/10.1016/B978-1-84569-931-4.00023-4>
- Sahoo, D. R., & Biswal, T. (2021). Alginate and its application to tissue engineering. *SN Applied Sciences*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/S42452-020-04096-W>
- Samba, U. (2024, April 10). Previsão de cores mundiais P/V 26 - WGSN Fashion. <https://www.wgsn.com/fashion/article/65d8d05c6a8590c258949ba7>
- Sanders, D., Grunden, A., & Dunn, R. R. (2021). A review of clothing microbiology: The history of clothing and the role of microbes in textiles: A Review of Clothing Microbiology. *Biology Letters*, 17(1). <https://doi.org/10.1098/RSBL.2020.0700>
- Schwarz, H. (2024, February 13). Adobe's futuristic dress made its runway debut at Christian Cowan's sh. <https://www.fastcompany.com/91027696/adobes-futuristic-dress-just-made-its-runway-debut>
- Soetanto, K., Chan, M., & Okujima, M. (1996). Effect of calcium chloride on sodium alginate microbubbles as ultrasound contrast agent. *Japanese Journal of Applied Physics, Part 1: Regular Papers and Short Notes and Review Papers*, 35(5 B), 3152–3155. <https://doi.org/10.1143/JJAP.35.3152>
- Sosa-Herrera, M. G., Lozano-Esquivel, I. E., Ponce de León-Ramírez, Y. R., & Martínez-Padilla, L. P. (2012). Effect of added calcium chloride on the physicochemical and rheological properties of aqueous mixtures of sodium caseinate/sodium alginate and respective oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 29(1), 175–184. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2012.02.017>
- Stubbe, B., Van Vrekhem, S., Huysman, S., Tilkin, R. G., De Schrijver, I., & Vanneste, M. (2024). White Paper on Textile Fibre Recycling Technologies. *Sustainability (Switzerland)*, 16(2). <https://doi.org/10.3390/SU16020618>
- Tan, J., Shao, L., Lam, N. Y. K., Toomey, A., & Ge, L. (2022). Intelligent textiles: designing a gesture-controlled illuminated textile based on computer vision. *Textile Research Journal*, 92(17–18), 3034–3048. <https://doi.org/10.1177/00405175211034245>
- Thakker, A. M., & Sun, D. (2023). Sustainable Development Goals for Textiles and Fashion. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(46), 101989–102009. <https://doi.org/10.1007/S11356-023-29453-1>

- Tsironis, G., & Tsagarakis, K. P. (2023). Global online networking for circular economy companies in fashion, apparel, and textiles industries, the LinkedIn platform. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 41, 100809. <https://doi.org/10.1016/J.COAGSC.2023.100809>
- Valencia, M., Bocken, N., Loaiza, C., & De Jaeger, S. (2023). The social contribution of the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 408, 137082. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.137082>
- Waheed, M. F., & Khalid, A. M. (2019). Impact of emerging technologies for sustainable fashion, textile and design. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 903, 684–689. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11051-2_104
- Wang, X., Li, S., Yu, H., Lv, J., Fan, M., Wang, X., Wang, X., Liang, Y., Mao, L., & Zhao, Z. (2022). The Biocompatibility of Multi-Source Stem Cells and Gelatin-Carboxymethyl Chitosan-Sodium Alginate Hybrid Biomaterials. *Tissue Engineering and Regenerative Medicine*, 19(3), 491–503. <https://doi.org/10.1007/S13770-021-00429-X>
- WGSN. (2023, November 16). Inovações STEPIC 2026 - WGSN Fashion. <https://www.wgsn.com/fashion/article/651e87639d6bfc1e460bd46>
- Wood, J., Redfern, J., & Verran, J. (2023). Developing textile sustainability education in the curriculum: pedagogical approaches to material innovation in fashion. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 16(2), 141–151. <https://doi.org/10.1080/17543266.2022.2131913>
- Wood, J., Verran, J., & Redfern, J. (2023). Bacterial cellulose grown from kombucha: Assessment of textile performance properties using fashion apparel tests. *Textile Research Journal*, 93(13–14), 3094–3108. <https://doi.org/10.1177/00405175231152668>
- Yim, S. M., Song, J. E., & Kim, H. R. (2017). Production and characterization of bacterial cellulose fabrics by nitrogen sources of tea and carbon sources of sugar. *Process Biochemistry*, 59, 26–36. <https://doi.org/10.1016/J.PROCBIO.2016.07.001>
- Yoon, N., Lee, H. K., & Choo, H. J. (2020). Fast fashion avoidance beliefs and anti-consumption behaviors: The cases of Korea and Spain. *Sustainability (Switzerland)*, 12(17). <https://doi.org/10.3390/SU12176907>
- Zeng, W. S., Lee, D. K., Luo, Y. S., & Rwei, S. P. (2023). The effect of ester and ether ratio on air permeability, windproof and mechanical properties of solvent-free water-based polyurethane foam. *Polymer Bulletin*. <https://doi.org/10.1007/S00289-023-05063-2>