

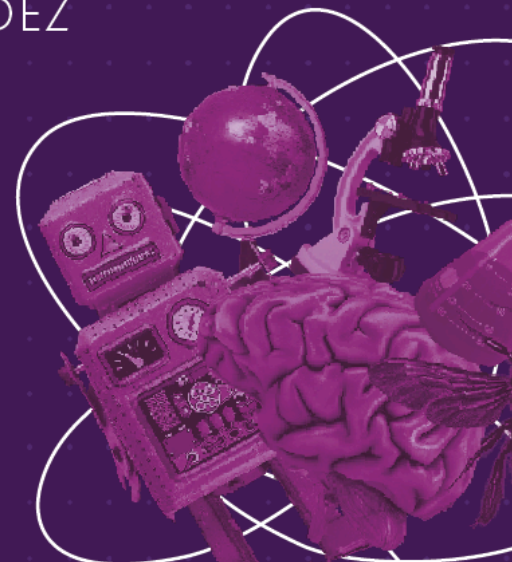
DESENVOLVIMENTO DE BIOTECIDOS A PARTIR DO SUBSTRATO DA KOMBUCHA

Professora orientadora: Anabele Azevedo Lima
Barbastefano

Aluno: Filipe Lopes dos Reis Ferreira

PROGRAMA DE
INICIAÇÃO CIENTÍFICA
PIC/CEUB

RELATÓRIOS DE PESQUISA
VOLUME 10 Nº 1- JAN/DEZ
2024



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA - CEUB
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

FILIPPE LOPES DOS REIS FERREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE BIOTECIDOS A PARTIR DO SUBSTRATO DA
KOMBUCHA**

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pesquisa e Extensão.

Orientação: Dra Anabele Azevedo Lima Barbastefano

**BRASÍLIA
2025**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe, pelo apoio incondicional e incentivo à busca do conhecimento. À Professora Anabele, pela valiosa orientação e confiança em todas as etapas desta pesquisa. E ao CEUB, juntamente com o CNPq e a FAPDF, pelo suporte financeiro que tornou este projeto possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao meu Pai Omulu e aos meus guias espirituais, pela força e inspiração diárias.

Expresso minha profunda gratidão à minha orientadora, Professora Dra. Anabele Azevedo Lima Barbastefano, por sua inestimável orientação, paciência e incentivo constante ao longo de todo o desenvolvimento deste projeto. Sua expertise e dedicação foram fundamentais para a execução e sucesso desta pesquisa.

Agradeço também ao Centro Universitário de Brasília - CEUB pela oportunidade de desenvolver este projeto de Iniciação Científica, e à FAPDF, juntamente com o CNPq, pelo apoio financeiro concedido por meio da bolsa de pesquisa, que tornou a realização deste trabalho possível.

Agradeço aos membros do laboratório **LABOCIEN**, pelo ambiente colaborativo, pelas discussões enriquecedoras e pelo auxílio técnico prestado.

À minha mãe, **Jacilda**, pelo amor incondicional, compreensão e apoio contínuo, que foram pilares essenciais durante toda a minha jornada acadêmica.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste trabalho.

"Na mata de Oxóssi, nada se perde. Tudo se transforma, se renova e retorna à terra."

(Sabedoria popular do Candomblé e
Umbanda)

RESUMO

Estudos prévios demonstraram que o couro de biofilme possui propriedades semelhantes ao couro animal, como resistência e textura, e que pode ser moldado para diversos usos. Ao explorar as propriedades e processos de produção do biocouro, busca-se contribuir para soluções mais ecológicas e éticas na indústria da moda. Nesse contexto, a kombucha, uma bebida fermentada de origem asiática rica em nutrientes e microrganismos, destaca-se por produzir um biofilme chamado SCOBY (Colônia Simbiótica de Bactérias e Leveduras). Este biofilme é uma fonte promissora de celulose bacteriana, uma substância resistente e versátil. Dada as crescentes preocupações ambientais e de sustentabilidade na indústria têxtil, onde o couro animal e os substitutos plásticos geram impactos negativos, o couro biológico produzido a partir da celulose da kombucha emerge como uma alternativa inovadora e promissora. O presente estudo buscou produzir tecido ecológico a partir da celulose presente no biofilme da kombucha, visando a elaboração de uma matéria-prima sustentável para vestimentas e acessórios. Para isso, foi essencial cultivar SCOBY's a partir da bebida fermentada, extraindo sua estrutura rica em fibras de celulose. Posteriormente, foram realizados testes de associação da celulose com diferentes tipos de tecido de algodão. Além disso, na análise por microscopia de luz foi possível visualizar o crescimento microbiológico do biofilme da Kombucha por entre as fibras dos tecidos de algodão, confirmando a integração e o reforço na fibra do biotecido. Contudo, foi possível adquirir insumos com potencial utilização para a indústria têxtil, e demais setores interessados, impactando positivamente no ecossistema e reforçando o potencial do biocouro de kombucha como uma solução sustentável para a indústria da moda.

Palavras-chave: bioprospecção; tecido sustentável; kombucha.

SUMÁRIO

1	Introdução	8
1.1	Contextualização da pesquisa	8
1.2	Objetivos	10
1.2.1	Objetivo geral	10
1.2.2	Objetivos específicos	10
2	Fundamentação teórica	11
2.1	Desenvolvimento sustentável e sustentabilidade	11
2.2	Bioprospecção	14
3	Metodologia	18
3.1	Obtenção e cultivo do Biofilme de Kombucha	18
3.2	Desidratação do Biofilme	19
3.3	Testes de resistência do biofilme	20
3.1.1	Teste de resistência à água	20
3.1.2	Teste de resistência química	20
3.1.3	Teste de resistência à temperatura	20
3.1.4	Teste de cisalhamento	20
3.4	Incorporação das fibras de celulose no tecido de algodão	21
3.4.1	Fermentação com fios de tecido submerso	21
3.4.2	Fermentação com fibras de algodão suspensas	21
3.4.3	Preparação e secagem de fibras com SCOBY triturado	21
4	Resultados e discussão	23
4.1	Estabelecimento do cultivo de biofilme a partir da Kombucha	23
4.2	Processo de desidratação	25
4.3	Aspectos gerais do biofilme	26
4.4	Produtos obtidos a partir do biofilme e do algodão	29
5	Conclusões	34
	REFERÊNCIAS	35
	APÊNDICES	
	ANEXOS	

1 Introdução

1.1 Contextualização da pesquisa

A kombucha é uma bebida asiática originada a partir da fermentação natural do chá verde ou chá preto (*Camellia sinensis* L.), feito através da cultura simbiótica de bactérias e leveduras que se alojam em um biofilme de celulose (Frank, 1991). A bebida se popularizou no mundo devido aos seus benefícios à saúde, tendo em vista que é rica em vitaminas, proteínas, microrganismos e diversas outras substâncias benéficas à saúde intestinal (Jayabalan, et al, 2014).

Associado a estas características, os resíduos produzidos a partir da fermentação da bebida kombucha, por meio dos microrganismos, despertou interesse ao analisar, do ponto de vista biológico e biotecnológico, o potencial que este biofilme pode apresentar quando aplicado para fins de sustentabilidade. Para isso, a área da indústria têxtil e moda seria ideal para se observar tal aplicação.

Nos últimos anos, a moda alcançou uma importância econômica e social que impactou seu próprio sucesso. Ao mesmo tempo, a possibilidade de compra de produtos por um número cada vez maior de pessoas criou uma das indústrias mais poluentes. Anualmente, toda essa cadeia produtiva utiliza 98 milhões de toneladas de insumos, que incluem petróleo, fertilizantes e produtos químicos, e 93 bilhões de metros cúbicos de água (Fundação Ellen Macarthur, 2017).

Diante desta problemática, o couro animal possui diversas propriedades que fazem com que seu uso na indústria têxtil seja justificado. Contudo, sua produção é caracterizada como altamente poluente devido ao volume de resíduos gerados, como serragem e gases tóxicos, e à quantidade de matéria-prima utilizada é desperdiçada em sua confecção (Santos, et al, 2022). Cerca de 73% do couro cru é descartado nas etapas de seu processamento e apenas 27% deste couro é utilizado como mercadoria (Fela, et al, 2011).

O processo de preparação do couro animal envolve uma série de estágios para que o material atinja as características desejadas. Esse processamento compreende três fases distintas: ribeira, curtimento e acabamento. Durante cada uma dessas etapas, há um consumo significativo de água e o uso de diversos produtos químicos potencialmente prejudiciais ao meio ambiente. O descarte inadequado dessas

substâncias pode resultar em danos sérios ao ecossistema aquático, ao solo e também representa uma ameaça à saúde humana (Pacheco, 2005).

Para que o couro animal seja substituído por alternativas menos nocivas, o uso do plástico na fabricação de vestimentas passou a ser algo recorrente na produção do couro vegano, que é constituído principalmente por poliuretano. O couro de poliuretano é constituído por fibras plásticas que apresentam uma decomposição extremamente lenta, demandando, em média, 400 anos para um completo processo de biodegradação (Kreith, 1999). Sua composição inclui uma base de poliéster combinada com um revestimento de poliuretano, ambos sendo tipos de plásticos que consomem considerável quantidade de água durante seu processo de fabricação (Coutinho e Delpech, 1999).

Dentro desse contexto, também há exemplos pontuais, como tricô 3D, modelagens zero waste, tecidos de fibras recicladas e os tecidos obtidos por meio da biofabricação. Entre as diferentes definições para o termo biofabricação, Lee et al. (2020) acreditam que a mais útil para a área de moda seja a fabricação de materiais por meio de organismos vivos.

Por sua vez, os microrganismos desempenham um papel crucial na biotecnologia, sendo utilizados em diversas aplicações para beneficiar a indústria, agricultura, medicina e meio ambiente. Visto que seu uso é empregado na produção de insulina, fermentação de alimentos e tratamento de resíduos, por exemplo, podem ser utilizados também na indústria têxtil (Costa, et, al., 2011). Além disso, o biocouro, produzido a partir da celulose presente no kombucha, apresenta um grande potencial, tanto em resistência quanto em elasticidade, mostrando-se um produto muito promissor (Friedrich, 2021).

Sendo assim, é de suma importância o desenvolvimento e comercialização de couros veganos que não possuam produtos à base de plástico em sua composição. Para isso, diversas pesquisas vêm sendo realizadas na área da biotecnologia, visando a elaboração de produtos têxteis à base de matérias primas sustentáveis, sendo uma delas a celulose bacteriana.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

A presente pesquisa buscou produzir biotecido a partir da composição do biofilme extraído da bebida fermentada, denominada kombucha.

1.2.2 Objetivos Específicos

Cultivar diferentes linhagens de kombucha, obtidas comercialmente ou de forma caseira, e estabelecer um protocolo com as condições ideais deste cultivo; Isolando o biofilme formado a partir da bebida fermentada kombucha, e testar diferentes métodos de lavagem e secagem do resíduo extraído, além de analisar os parâmetros de resistência, solubilidade e temperatura, visando a elaboração de insumos que colaborem com a indústria têxtil e a área da moda, e que possa ser futuramente utilizada na fabricação de vestimentas e acessórios.

2 Fundamentação teórica

2.1 Desenvolvimento sustentável e sustentabilidade

O nível de consumo da população mundial é cada vez maior, sendo que as necessidades humanas estão a cada dia mais difíceis de serem satisfeitas. Por um lado, a indústria busca inovação a um nível cada vez maior, cria necessidades antes desconhecidas vislumbrando vender mais e aumentar o lucro (Coutinho, 2012). A durabilidade dos produtos tem reduzido, apenas o suficiente para satisfazer um desejo momentâneo e brevemente serem substituídos.

A inovação está cada vez mais presente na humanidade e seus impactos têm causado grandes alterações ambientais. Ou seja, o grande desafio atual é sustentar as necessidades humanas, porém, garantir um meio ambiente equilibrado para a nossa e para as futuras gerações (Challoner, 2014; Malheiros; Coutinho; Philippi Jr, 2012).

Diante disso, encontra-se o conceito de sustentabilidade, voltado não somente para o lado econômico de perpetuação dos negócios, mas também voltado para a preservação do ecossistema no qual se desenvolvem as relações de consumo.

A tecnologia avança constantemente, e seguindo este pressuposto, a alteração do padrão de consumo também. Como consequência, o consumo de recursos naturais e o acelerado processo de urbanização ampliaram os índices de poluição urbana, reduziram a camada de ozônio e a biodiversidade e aumentaram o efeito estufa, dentre outras implicações (Malheiros; Coutinho; Philippi Jr, 2012).

Diversos estudos evidenciam que está cada vez mais difícil para o planeta manter a capacidade de assegurar a vida em função das atividades econômicas. O modelo de crescimento econômico está gerando grandes desequilíbrios e esse estilo de vida baseado no consumo, tem contribuído para essa degradação ambiental (Dias e Pedrozo, 2012).

Segundo Ekins (2014), o desenvolvimento sustentável (DS) possui três pilares sendo o mais utilizado o DS associado ao crescimento econômico. Além deste, há um conceito de que o DS é apenas uma ilusão, mito ou crença ou mera manipulação ideológica. E o terceiro conceito, “[...] trata de um outro desenvolvimento, endógeno, auto suficiente, orientado para as necessidades, em harmonia com a natureza e aberto às mudanças institucionais” (Sachs, 2009, p. 36).

Sendo assim, esta última abordagem é fundamentada na harmonização das questões sociais, ambientais e econômicas. O desenvolvimento sustentável se caracteriza, segundo a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1991), como “atender as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações atenderem também às suas” (Cmmad, 1991, p. 46). E nesse contexto, não cabe confundir o DS com crescimento econômico, acrescenta Coutinho e Malheiros (2012).

É responsabilidade social garantir que as próximas gerações vivam em um ambiente de qualidade, equilibrado e saudável. E aplicar o conceito de DS no dia a dia pode parecer complexo e controverso, pois são necessárias mudanças fundamentais na forma de pensar, viver, produzir e consumir. E nesse contexto temos a dimensão social, ambiental, econômica, cultural e política (Yemal; Teixeira; Nääs, 2011).

O termo desenvolvimento sustentável (DS), que surgiu em 1980, emergiu da relação entre preservação do planeta e atendimento às necessidades humanas (Singh et al., 2013). O Relatório Brundtland explica o mesmo termo de forma simples, como desenvolvimento que “satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (Singh et al., 2013).

Na sua essência, o DS é considerado multidimensional onde se busca a proteção ambiental com a manutenção do capital natural, para então, alcançar a prosperidade econômica, para os dias atuais e futuros (Singh et al., 2013).

Corroborando com o que foi dito acima, alguns pesquisadores definem o termo DS como: “a manutenção dos processos ecológicos essenciais, a preservação da diversidade genética e a utilização sustentável das espécies e ecossistemas” (Graymore, 2014); “a igualdade de oportunidades para as gerações futuras” (Challoner, 2015); “um processo de mudança em que a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação tecnológica e mudança institucional são feitas de acordo com o futuro, considerando as necessidades presentes” (Hosseni, 2012).

Contudo, o conceito atual de DS tem evoluído como um conceito integrador, ou seja, questões inter relacionadas podem ser organizadas de forma única. E nesse mesmo contexto, a sustentabilidade pode ser definida como a capacidade de um sistema humano, natural ou misto resistir ou se adaptar à mudança endógena por um

tempo indeterminado (Guizhen, 2014), representando uma meta ou um ponto final. Portanto, para alcançar a sustentabilidade é necessário a aplicação do desenvolvimento sustentável (Jacobi, 2016).

O termo sustentabilidade surgiu dos recursos renováveis e aderiu aos movimentos ecológicos/ambientais. O conceito se refere à “existência de condições ecológicas necessárias para dar suporte à vida humana em um nível específico de bem estar através de futuras gerações, caracterizando a sustentabilidade ecológica e não o desenvolvimento sustentável” (Lélé, 1991).

Segundo Ayres (2008), a sustentabilidade é a maneira como os seres humanos devem agir em relação à natureza, e se responsabilizar para com as gerações futuras. Neste contexto, a sustentabilidade se refere ao crescimento econômico baseado na justiça social e eficiência no uso de recursos naturais (Lozano, 2012).

A sustentabilidade visualiza três interesses: (i) o da geração atual em melhorar as suas reais condições de vida (sustentabilidade econômica), (ii) uma busca pela igualdade entre as classes (ricos e pobres) caracterizando a sustentabilidade social, e (iii) os das gerações futuras que não estão comprometidas pela satisfação das necessidades da geração atual, se referindo a sustentabilidade ambiental (Farla, 2012).

Isso se deve pelo fato de que a sustentabilidade é usada para descrever os processos e atividades das finanças sustentáveis e dos negócios sustentáveis, por exemplo. Em contrapartida, as atividades visam ser sustentáveis, como o turismo sustentável, a agricultura sustentável ou os edifícios sustentáveis. Ao passo que, o DS se concentra principalmente nas pessoas e seu bem estar (Moldan et al., 2012).

Embora existam diversas compreensões, a sustentabilidade e o DS têm como objetivo principal impactar as gerações futuras de forma benéfica (Gaussin et al., 2011).

Ao longo das últimas décadas, uma série crescente de iniciativas globais foi lançada para direcionar a transição das empresas para abordar a sustentabilidade. As avaliações de sustentabilidade corporativa foram identificadas como um processo que pode apoiar a transição das empresas para abordar a sustentabilidade, mas o campo permanece amplamente fragmentado.

Portanto, o desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade têm sido alvos de formulações políticas em todos os níveis e o foco de acordos multinacionais. Os dois

conceitos são vagamente definidos e nenhuma orientação metodológica concreta é oferecida sobre como alcançá-las.

2.2 Bioprospecção

A indústria têxtil é amplamente reconhecida como uma das principais contribuintes para a degradação ambiental, devido aos seus processos de produção intensivos em recursos naturais e à geração de resíduos tóxicos. Estudos científicos têm documentado os impactos negativos dessa indústria na poluição da água, do solo e do ar, bem como na exaustão de recursos naturais (Vieira, Vasconcelos, 2016). A produção de couro animal, por exemplo, é particularmente poluente devido à grande quantidade de resíduos gerados durante seu processamento (Santos et al., 2022).

A busca por alternativas sustentáveis neste setor produtivo tornou-se uma prioridade diante dessas preocupações ambientais crescentes. Uma das principais áreas de pesquisa é o desenvolvimento de materiais biodegradáveis e de baixo impacto ambiental, visando reduzir a dependência de recursos não renováveis e mitigar os danos ambientais causados pela indústria (Tavares, 2020).

A biotecnologia emerge como uma solução promissora para os desafios enfrentados pela indústria têxtil, oferecendo uma variedade de abordagens inovadoras e sustentáveis. A utilização de microrganismos, como bactérias e leveduras, tem sido explorada para a produção de materiais biotecnológicos, como o biocouro, a partir de fontes renováveis como a celulose bacteriana (Friedrich, 2021).

Pesquisas recentes têm demonstrado que a celulose bacteriana produzida a partir da fermentação da kombucha possui propriedades promissoras para aplicações na indústria têxtil. A sua resistência e elasticidade a tornam uma alternativa viável ao couro animal, com potencial para reduzir significativamente o impacto ambiental associado à produção de couro convencional (Domeneghetti et al., 2019).

A kombucha é uma bebida fermentada originária da Ásia, produzida a partir da fermentação do chá verde ou preto por uma cultura simbiótica de bactérias e leveduras, conhecida como SCOBY (Frank, 1991). Além de seus benefícios à saúde, a kombucha é uma fonte rica de celulose bacteriana, um biopolímero com propriedades interessantes para aplicações industriais (Jayabalan et al., 2014).

O biofilme é um produto do kombucha, rico em celulose bacteriana, que se caracteriza como abrigo para os microrganismos responsáveis pela fermentação do chá, sendo popularmente chamado de SCOBY (colônia simbiótica de bactérias e leveduras). O SCOBY possui uma textura gelatinosa, na qual a estrutura celular das bactérias e leveduras é fixada (Paludo, 2017). As bactérias do biofilme quebram as moléculas de carboidrato presentes na preparação do chá e as transformam em etanol, dióxido de carbono e ácido acético (Laavanya, Shirkole, Balasubramanian, 2021).

As leveduras predominantes no biofilme são dos gêneros *Schizosaccharomyces*, *Saccharomycodes*, *Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Candida*, *Pichia*, *Kloeckera*, *Brettanomyces* e *Torulopsis*. Quanto às bactérias, as mais encontradas são as que produzem ácido acético, como *Gluconacetobacter xylinus*. Contudo, a composição dos microrganismos varia muito de acordo com a origem da kombucha utilizada para dar início à nova cultura e com o modo como o substrato foi preparado (Mukadam et al., 2016).

O fator que torna o SCOBY uma potencial matéria prima para diversos setores é a presença da celulose bacteriana, um biopolímero com alta resistência aos fatores ambientais e a temperatura. Uma das grandes vantagens do uso da celulose bacteriana é o fato de não estar associada a outros compostos, como ocorre na célula vegetal, possibilitando seu maior aproveitamento. Assim sendo, além de uma bebida altamente rica em nutrientes, a kombucha é uma promissora fonte de celulose bacteriana (Domeneghetti, Soares, Schmidt, 2019).

Devido a suas características de dureza, a celulose tem sido utilizada para diferentes finalidades comerciais, tendo em vista que é uma matéria prima que apresenta alto custo-benefício para o mercado. A fim de desenvolver alternativas mais sustentáveis para o uso do couro, a indústria têxtil vem sendo um grande alvo dessa tecnologia (Choi, et al, 2022).

Quando se trata de avanços tecnológicos na indústria têxtil, é improvável não retratar as problemáticas envolvidas nos empreendimentos *fashion*. As mudanças nos hábitos de consumo, ocasionadas dentre vários motivos pela Revolução Industrial, acarretaram diversas complicações nos modos de produção, resultando em um ciclo social e ambiental bastante nocivo (Moll, 2021). A exacerbada produção de resíduos sólidos, poluição de águas, ar e solo além da exploração de matéria-prima são fortes

exemplos das adversidades que o planeta vem enfrentando de forma progressiva (Vieira, Vasconcelos, 2016).

Se tratando da produção e do consumo em larga escala, o descarte dos tecidos à base de fibras plásticas ocasiona uma acentuada descarga de resíduos na natureza, haja vista que não possuem durabilidade e resistência satisfatórias. Portanto, no quesito sustentabilidade, o uso de tecidos plásticos não obteve o sucesso desejado, ainda que sejam utilizados constantemente no mercado (Qua, 2021).

O trabalho de Wood, Verran e Redfem compara o couro animal com outros tipos de couro, dentre eles o couro de biofilme. O experimento mostra que as propriedades do couro animal e do couro de biofilme apresentam semelhanças marcantes, tais como sua textura e resistência à quebra. Quanto à resistência à abrasão, o couro de biofilme obteve os melhores resultados. No quesito respiração, o couro de biofilme não obteve destaque, tendo em vista que, ao impedir a passagem de umidade e ar, pode não oferecer conforto ao ser utilizado em contato direto com a pele. No entanto, seu uso em acessórios continua sendo viável (Wood, Verran, Redfem, 2023).

Já a pesquisa realizada por Domskiene, Sederaviciute e Simonaityte investiga as propriedades do couro de biofilme, submetendo o produto a três temperaturas de secagem diferentes (25°C, 50°C e 75°C). Os resultados alegam que a temperatura influencia as propriedades do biocouro e que, ao secar em 25°C, sua elasticidade e resistência são preservadas da melhor forma. Os pesquisadores concluíram que o biocouro, ao ser produzido de forma controlada, pode obter características muito semelhantes à produtos têxteis, sendo assim uma matéria prima adequada e muito promissora para a indústria (Domskiene, Sederaviciute, Simonaityte, 2019).

Em suma, a kombucha e sua celulose bacteriana representam uma alternativa promissora e sustentável para a indústria têxtil, e um potencial substituto para o couro animal, oferecendo uma solução inovadora para os desafios ambientais enfrentados por esse setor.

3 Metodologia

Trata-se de pesquisa qualitativa, do tipo experimental, que foi realizada nas dependências do Labocien do CEUB. Para isso, a pesquisa foi dividida em duas etapas. Na primeira etapa, foi estabelecido o protocolo para o cultivo e extração do biofilme microbiológico. E na segunda etapa, será processado o insumo, bem como, avaliado com relação aos aspectos de resistência física e química.

3.1 Obtenção e cultivo do Biofilme de Kombucha:

Para obter uma amostra do biofilme, foi necessário produzir 2 L de kombucha, fazendo fermentações seriadas, onde a primeira fermentação foi de 500 mL, seguido de 1 L e posteriormente 2 L. Para isso, foi inoculado 100 mL de chá de arranque de kombucha, previamente adquirido comercialmente, em uma solução de 500 mL de água com 25 g de glicose e 5 g de chá, sendo, em cada uma das amostras, chá-verde, chá-preto e hibisco.

Após a mistura atingir a temperatura ambiente, foi acrescentado o chá de arranque de kombucha. A preparação foi transferida para um béquer de vidro, com capacidade, inicialmente de 500 mL e o recipiente foi coberto com filtro de café e as laterais foram vedadas com fita crepe (figura 1). O mesmo foi feito posteriormente com os béqueres de 1 L e 2 L. Em seguida, as amostras foram armazenadas em temperatura ambiente em processo de fermentação por 14 dias.

A utilização da kombucha é muito importante para a fermentação do chá, tendo em vista que há a presença das bactérias e leveduras necessárias para essa fermentação, garantindo o desenvolvimento do SCOBY - Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast. O biotecido deste trabalho foi produzido a partir da celulose do biofilme formado.

Figura 1 - Precoce de fermentação utilizando diferentes chás. Amostras em triplicata.

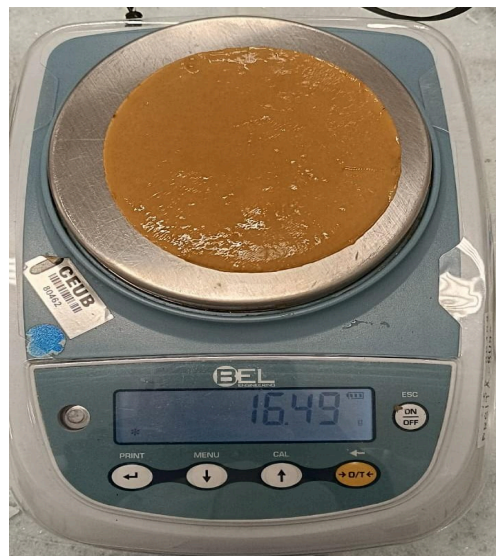


Fonte: A autoria própria (2025).

3.2 Desidratação do Biofilme:

Para a secagem dos biofilmes, os mesmos foram pesados e colocados em três placas de Petri, as quais foram encaminhadas à estufa (marca QUIMIS, modelo Q317M), em temperatura de 60 °C por 1h. Com auxílio de uma pinça, as placas foram retiradas da estufa e colocadas no dessecador para esfriar por cerca de 20 minutos. Após este período, as três placas foram retiradas do dessecador e foram pesadas na balança semianalítica (marca BEL, modelo S2202H). Os pesos foram anotados e esse processo de pesagem com posterior secagem repetiu-se até que o SCOBY adquirisse uma aparência bem seca, próxima à aparência do couro animal.

Figura 2 - Pesagem dos biofilmes contendo fibra de celulose.



Fonte: Aatoria própria (2025).

3.3 Teste de resistência do biofilme

A fase de testes físico-químicos foi iniciada nos biofilmes desidratados. Dentre esses, foram conduzidos testes de solubilidade, resistência química, resistência à temperatura e resistência ao corte.

3.3.1 Teste de resistência à água.

Foi colocado cada biofilme em um béquer de 1L contendo 200 mL água em temperatura ambiente por uma hora, e logo após observar o resultado, o biofilme também foi avaliado por sete dias.

3.3.2 Teste de resistência química

Os biofilmes foram colocados em um béquer de 1L contendo água e detergente líquido em temperatura ambiente por uma hora, e logo após observar o resultado, o biofilme foi introduzido novamente no béquer contendo água em temperatura ambiente, porém durante sete dias.

3.3.3 Teste de resistência à temperatura

Os biofilmes foram colocados na estufa (marca QUIMIS, modelo Q317M) por 30 minutos a temperatura de 60°C. Após este período, foi retirado da estufa e o resultado foi observado. Depois, foi colocado novamente na estufa por 1 hora, e depois se observou o resultado.

3.3.4 Teste de resistência ao cisalhamento

Cada biofilme foi submetido à tração manual, onde de cada lado do biofilme foi aplicada mecânica com as mãos para os lados opostos, a fim de verificar sua resistência.

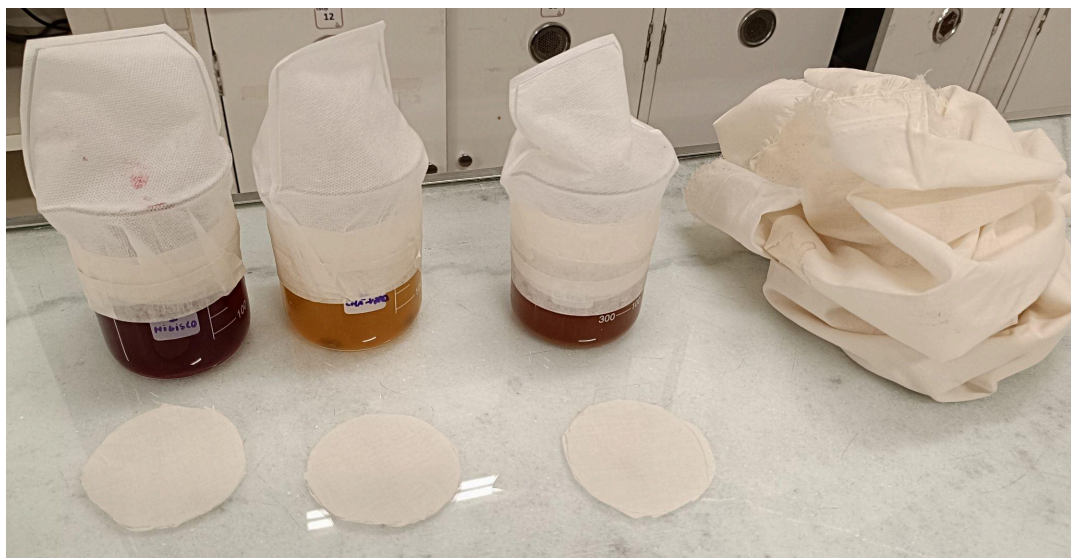
3.4 Incorporação das fibras de celulose no tecido de algodão:

Para investigar a interação do biofilme com substratos utilizados em artigos têxteis (algodão), diferentes abordagens foram exploradas, como a incorporação da celulose presente no SCOBY em fibras de algodão.

3.4.1 Fermentação com fios de tecido submersos

Após 24 horas de preparo do inóculo, uma nova fermentação foi iniciada, em triplicata, e as soluções de chá foram preparadas, contendo em cada béquer 250 mL de chá de Hibisco, Chá-verde e Chá-preto, respectivamente, cada um com 25 g de açúcar, e adicionadas a 100 mL de starter. Após sete dias de incubação, três recortes circulares de tecido de algodão foram submersos em cada amostra (figura 3). As fermentações foram mantidas por mais 21 dias. Após o período de fermentação, as amostras foram colocadas em três placas de petri e levadas à estufa a 37°C por 7 dias. A adesão do biofilme ao tecido foi avaliada.

Figura 3: Amostras de tecido 100% algodão a serem incorporadas no meio de cultura

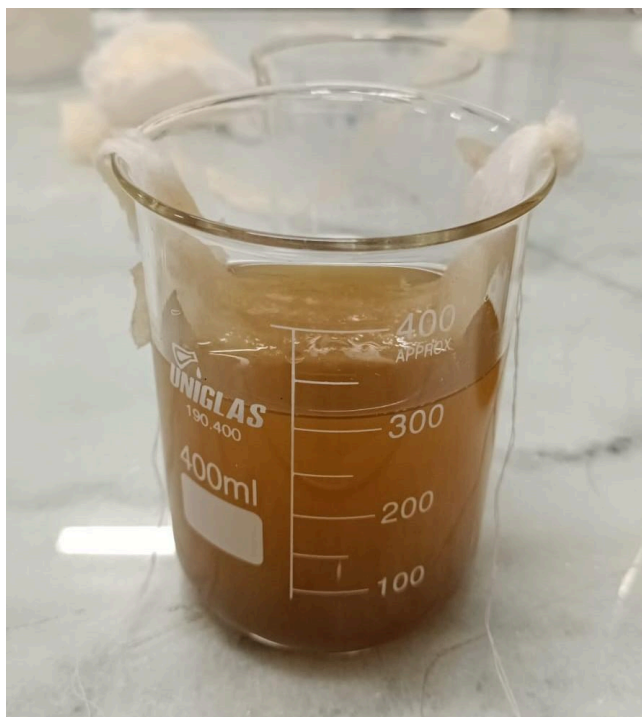


Fonte: Autoria própria (2025).

3.4.2 Fermentação com Fibras de Algodão Suspensas

Novamente, após 24 horas de preparo do inóculo, uma nova fermentação foi iniciada. Uma solução de 250 mL de água contendo 5 g de chá-verde e 25 g de açúcar foi preparada. Fibras de algodão foram suspensas na superfície da solução para evitar o afundamento (Figura 4). Esta fermentação durou 14 dias. Ao final, foi observado crescimento de biofilme bacteriano, porém, devido à suspensão do algodão, houve vazamento do meio de cultura através do tecido, por capilaridade.

Figura 4: Fibras de algodão submersas na superfície do meio de cultura.



Fonte: A autoria própria (2025).

3.5 Preparação e secagem de fibras com SCOBY triturado

Após fermentação de 250 mL de chá de Hibisco, Chá-verde e Chá-preto, respectivamente, cada um com 25 g de açúcar, e adicionadas a 100 mL de starter, foi extraído o SCOBY, pesado, triturado, e adicionado à fibras de algodão autoclavado. Estas foram deixadas em estufa (marca QUIMIS, modelo Q317M) a 30°C por 7 dias para secagem e possível incorporação (figura 5 e 6).

Figura 5 - SCOBY triturado em aparelho liquidificador.



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 6 - Fibras de algodão com SCOBY misturados, prontos para serem postos na estufa.



Fonte: Autoria própria (2025).

4 Resultados e discussão

O objetivo principal desta pesquisa foi otimizar as condições para o cultivo e a produção de biofilmes de kombucha, e investigar sua aderência a substratos de algodão para que possa ser um potencial insumo na área têxteis, visando aplicações em biomateriais, com foco em tecidos de matéria prima orgânica, como o algodão. A metodologia empregada passou por diversas etapas e ajustes, resultando em diferentes observações e aprendizados.

4.1 Estabelecimento do cultivo de biofilme a partir da Kombucha:

As primeiras tentativas de produção de biofilme foram desafiadoras. Apesar da observação de turbidez, indicando atividade microbiana, a presença de gás nas amostras, que sugere um metabolismo microbiano ativo, segundo Jayabalan et al. (2010), resultado do ácido carbônico produzido na reação (Jayabalan et al., 2014), a formação de biofilme robusto não ocorreu consistentemente com as concentrações iniciais de inóculo e os tempos de incubação. O processo foi reiniciado e reajustada a concentração do inóculo para 1:5 kombucha:água, em triplicata, e trouxe resultados mais promissores, com a visualização de pequenas porções de biofilme. Contudo, a proliferação de fungos nas amostras e a ausência de um biofilme espesso destacaram a necessidade de refinar ainda mais o meio de cultura, levando à inclusão do chá verde como um potencializador da fermentação.

Após estas observações, foi realizada uma mudança no protocolo, introduzindo diferentes tipos de chá e o tempo de incubação. O ponto de virada ocorreu com a fermentação de 100 mL de starter de kombucha por 24 horas, seguida pela adição de 250 mL de chá de hibisco (5 g) com 25 g de açúcar, incubada por 20 dias. Esta combinação finalmente resultou na formação de um biofilme espesso, demonstrando que a concentração inicial do inóculo e um período de fermentação mais longo são fatores determinantes para a obtenção de um material com as características desejadas (figura 7).

Figura 7 - Biofilme formado a partir da fermentação da Kombucha com chá de hibisco.



Fonte: Autoria própria (2025).

Diferentes tipos de fermentação são utilizados pelo mundo, já que a Kombucha é uma bebida tradicional asiática e também é comercializada fora do continente asiático. Ao comparar as condições utilizadas nesta pesquisa com as descritas na literatura, especialmente no protocolo de cultivo apresentado por Wang, (2022), pôde ser observado algumas semelhanças e diferenças importantes. Na literatura, a produção de kombucha para consumo utiliza chá preto ou verde, açúcar entre 5% e 15%, e pequena porção de bebida pré-fermentada como inóculo, fermentando por 7 a 10 dias a temperatura ambiente, entre 20 e 30 °C, em recipientes cobertos com pano estéril, de modo a permitir aeração e inibir contaminantes, como insetos e outros parasitas.

Nesta pesquisa, foi utilizado chá-verde, tendo concentrações entre 5 g/500 mL e 5 g/250 mL, chá-preto, com concentrações entre 5 g/500 mL e 5 g/250 mL e hibisco, com concentrações entre 5 g/500 mL e 5 g/250 mL como substrato, com concentrações de açúcar de 25 g/500 mL (5%) e 25 g/250 mL (10%), e inóculo

comercial de kombucha em volume de 100 mL (20% do volume inicial na primeira etapa). As fermentações iniciais foram conduzidas por 14 dias, e, após ajustes de protocolo, estendidas para 20 dias, o que resultou na formação de biofilme espesso. Os béqueres de vidro foram protegidos com filtro de café e fita crepe, garantindo isolamento, mas com possível redução da oxigenação em relação ao pano estéril.

As diferenças observadas refletem o objetivo distinto: enquanto o protocolo de Wang priorizava características sensoriais e segurança da bebida, este estudo focou na formação de biofilme robusto para aplicação têxtil, justificando o tempo de fermentação mais longo, a inclusão de hibisco como potencializador e a proporção maior de starter.

4.2 Processo de desidratação

Com a obtenção do biofilme, a fase de secagem foi iniciada. As tentativas iniciais com micro-ondas não foram bem sucedidas, resultando em danos ao SCOBY. A secagem em estufa (marca QUIMIS, modelo Q317M) a 60°C por 1 hora, seguida de 20 minutos em dessecador, mostrou-se mais promissora, embora a desidratação completa exigisse um período prolongado (6 dias a 40°C), ressaltando a importância de otimizar a secagem para preservar a integridade do material (figura 8).

Figura 8 - Biofilme desidratado.



Fonte: A autoria própria (2025).

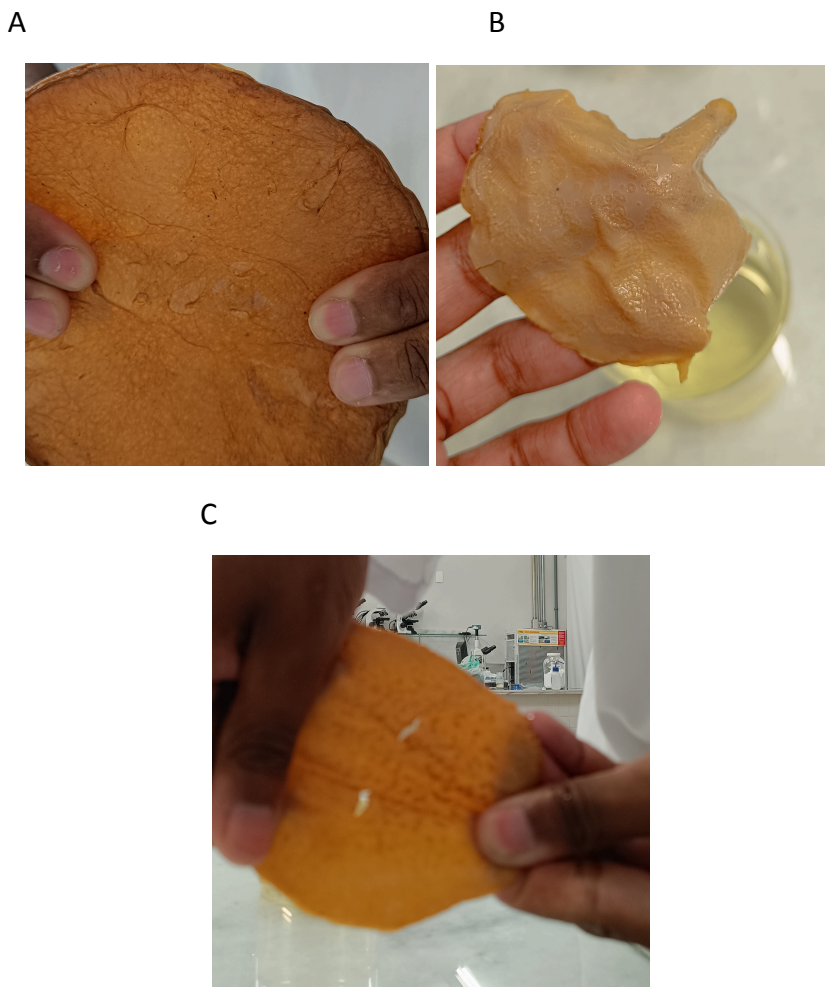
Comparando com o que há na literatura atualmente, o método utilizado por Bueno (2023) é semelhante em alguns aspectos da metodologia. Os métodos de secagem que o autor aplicou incluíram, desde secagem em estufa, à secagem por liofilização, além da secagem em estufa a vácuo e secagem a vácuo em funil de Büchner (BFVD), onde o estudo demonstrou que o uso de diferentes métodos de secagem pode alterar as propriedades estruturais dos biofilmes, enquanto que na presente pesquisa se utilizou apenas estufa e dessecador.

4.3 Aspectos gerais do biofilme produzido:

Após cada biofilme ser imerso em água, a temperatura ambiente, por uma hora, foi observado que as amostras A, B e C, após 1 hora, apresentaram resistência a tração manual e boa maleabilidade. A amostra A se manteve íntegra e aumentou de tamanho devido à reidratação; a amostra B foi ainda mais maleável, possivelmente devido à menor massa; e a amostra C, apesar de um rasgo pré-existente causado

durante a desidratação, mostrou resistência e dificuldade para se romper totalmente (figuras 9).

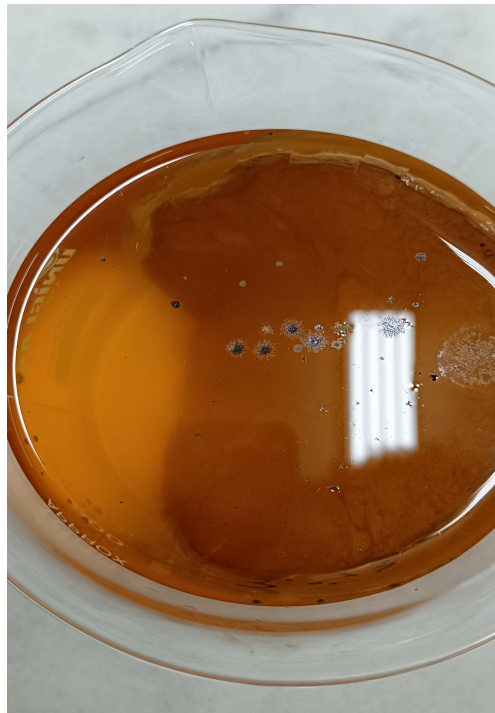
Figura 9 - Texturas dos biofilmes após desidratação.



Fonte: Autoria própria (2025).

Após este período, cada biofilme foi introduzido novamente no béquer contendo água em temperatura ambiente, porém durante sete dias, e após este período, foi observada a presença de fungos na superfície da água em ambos os béqueres (figura 10). A amostra A manteve resistência e maleabilidade, sem se desfazer; a amostra B apresentou menor resistência, mas preservou a maleabilidade, porém sofrendo rasgo (figura 11); e a amostra C manteve-se resistente e maleável, porém rompeu-se ao meio (figura 11).

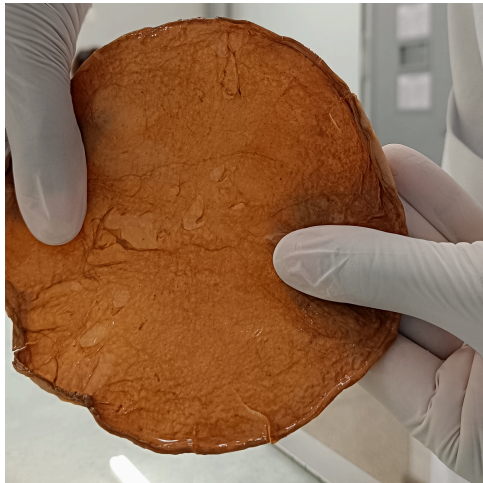
Figura 10 - contaminação fúngica



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 11 - Aspectos de resistência e maleabilidade, que se mantiveram.

A



B



C



Fonte: A autoria própria (2025).

Em contraste, o estudo de Nguyen (2022), que realizou uma análise quantitativa usando métodos padronizados (norma ISO 3376), o autor obteve dados precisos de resistência à tração em N/mm^2 e alongamento na ruptura em porcentagem. A principal diferença metodológica é que a análise da presente pesquisa se baseia em uma observação direta e manual, enquanto a pesquisa de Nguyen (2022) utilizou equipamentos específicos para mensurar com precisão a força necessária para romper o material. Embora a avaliação manual confirme a tenacidade do material, o estudo de Nguyen (2022) fornece a comprovação científica e quantitativa dessa propriedade, especialmente após tratamentos químicos.

4.4 Produtos obtidos a partir do biofilme e do algodão

A etapa final do estudo envolveu a investigação da adesão do biofilme a tecidos. Uma nova fermentação em triplicata, com a adição de recortes circulares de tecido de algodão após 7 dias de incubação, revelou resultados variados, demonstrando aderência satisfatória, sugerindo que a composição do meio de cultura

pode influenciar não apenas a formação do biofilme, mas também sua interação com substratos (figura 12).

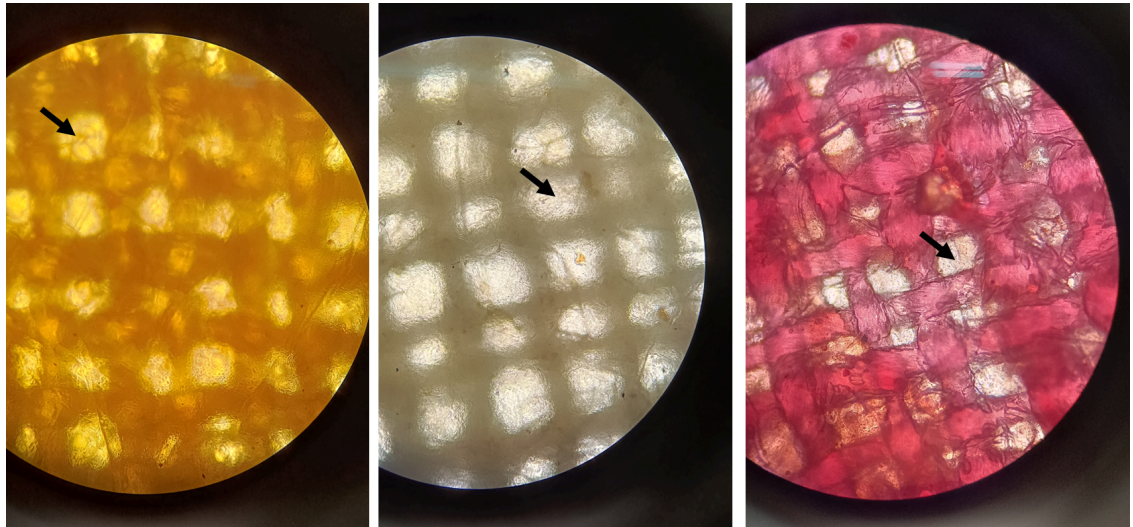
Figura 12 - Amostras de tecido imersas no meio de cultura com diferentes condições de cultivo.



Fonte: Autoria própria (2025).

Já a análise microscópica confirmou o crescimento bacteriano incorporado ao tecido, preenchendo os espaços vazios entre as fibras. Isso valida a possibilidade de produzir materiais têxteis inovadores com o uso do biofilme de kombucha, e que permite mais resistência ao insumo (figura 13).

Figura 13 - Análise microscópica. As setas indicam a presença de microrganismo entre as fibras do tecido de algodão. Aumento de 40x.



Fonte: Autoria própria (2025).

Diante dos resultados vistos na análise de microscopia dos tecidos, estão em linha com a literatura na área de biodesign, de acordo com o estudo de Abreu (2016), que também utilizou microscopia óptica para investigar a associação de microrganismos a tecidos, reforçando a validade da técnica para a inovação têxtil. Enquanto o trabalho de Abreu focou no potencial de tingimento das bactérias, esta pesquisa amplia a aplicação da técnica, demonstrando que a interação do SCOBY com o tecido também pode aprimorar as propriedades mecânicas do material.

Outros trabalhos também envolveram o cultivo de celulose bacteriana, como o da designer estadunidense Suzanne Lee, fundadora da Biocouture, um laboratório de experimentação e consultoria em design, que tem como objetivo explorar como organismos vivos, como bactérias, leveduras, fungos e algas podem ser aproveitados para produzir tecidos (Microbes Are “The Factories Of The Future”, 2014).

A técnica de incorporar SCOBY triturado às fibras de algodão e a fermentação em escala menor com fibras suspensas demonstraram potencial para a produção de biocompostos com propriedades têxteis (figura 14).

Figura 14 - Fibras de algodão com SCOBY misturados e desidratados.



Fonte - Autoria própria (2025).

Em comparação com outros trabalhos, a indústria têxtil também vêm empregando a biotecnologia para criar materiais mais sustentáveis, como tecidos feitos a partir de microrganismos como bactérias e fungos, resultando em alternativas ao couro, como o Mylo, e em fibras com propriedades únicas, como a seda produzida a partir da teia de aranha. (Biotecidos produzidos a partir de microrganismos despertam o interesse do universo da moda, 2020).

5 Conclusões

Este estudo investigou o potencial do biofilme de kombucha (SCOBY) como matéria-prima sustentável para a produção de biotêxteis, buscando alternativas para substituir o couro animal e aos polímeros sintéticos na indústria têxtil. Os testes físico-químicos demonstraram boa resistência e maleabilidade, e a incorporação da celulose em tecidos de algodão apresentou adesão e integração das fibras, o que foi confirmado pela microscopia óptica.

A integração com estes substratos têxteis naturais amplia suas aplicações potenciais, alinhando-se a tendências de inovação, o biodesign. Assim, a pesquisa contribui para o avanço do conhecimento na área de biomateriais e oferece uma base experimental para o desenvolvimento de novos produtos na moda e em outros setores que buscam soluções ecológicas.

Os desafios de secagem e a necessidade de otimizar a adesão em diferentes tipos de tecido são pontos a serem aprofundados em futuras investigações, ampliando assim as possibilidades de aplicação do biocouro de kombucha em larga escala.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Breno Tenório Ramalho de. BioStudio: tingimento e estamparia de tecidos orgânicos utilizando bactérias. dObra[s]: revista da Associação Brasileira de Estudos de Pesquisas em Moda, v. 9, n. 19, p. 88-110, 2016.
- ANDRADE, FK; ALEXANDRE, N; AMORIM, I; GARTNER, F; MAURÍCIO, AC; LUÍS, AL; GAMA, M. Studies on the biocompatibility of bacterial cellulose. Journal of Bioactive and Compatible Polymers, v.28, p.97-112, 2013.
- ASHJARAN, A; YAZDANSHENAS, ME; RASHIDI, A; KHAJAVI, R; REZAEI, A. Overview of bio nanofabric from bacterial cellulose. Journal of the textile institute, v.104, p.121-131, 2013.
- Biotecnologia na moda: tecidos a partir de micro-organismos, 2018. Disponível em: <<https://profissaobiotec.com.br/biotecnologia-na-moda-tecidos-partir-de-micro-organismos/>>. Acesso em: 13 de agosto 2025.
- BUENO, F., Spivak, D., & Sathivel, S. (2024). Evaluation of the properties of dry bacterial cellulose synthesized from coffee kombucha fermentation dried with different drying methods. *Drying Technology*, 42 (1), 142-154.
- CHOI, S.M.; RAO, K.M.; ZO, S.M.; SHIN, E.J.; HAN, S.S. Bacterial Cellulose and Its Applications. *Polymers*, 2022.
- CLAUDIO JOSÉ GALDINO DA SILVA JUNIOR et al. Design of a Naturally Dyed and Waterproof Biotechnological Leather from Reconstituted Cellulose. *Journal of Functional Biomaterials*, Basel, v. 13, n. 2, p. 49, 2022.
- COSTA, A. M.; ROSA, A. J. M.; NETO, A. L. F.; MARTINS, C. F.; WILCHES, C. E.; PEREIRA, C. D.; MACHADO, C. T. T.; NAKASU, E. Y. T.; REIS-JÚNIOR, F. B.; FALEIRO, F. G.; MERCANTE, F. M.; CHAER, G. M.; MENDES, I. C.; ZILLI, J. E.; CELESTINO, K. R. S.; FIGUEIREDO, L. H. M.; SIQUEIRA, L.G.B.; CAMPOS, M. A.; FERNANDES, M.S.; PESSOA-FILHO, M. A. C. P.; DODE, M. A. N.; CORDEIRO, M. C. R. HUNGRIA, M.; SILVA, M. S.; RESENDE, M. L. V.; AMÂNCIO, M. C.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ALVES, R. T.; FRAGOSO, R. R.; NETO, S. P. S.; CELESTINO, S. M. C.; ROCHA, T. L.; LOPES, V.; REIS, V. M.; JÚNIOR, W. Q. R. Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária. *Embrapa Cerrados*, n. 1, 2011.

- COUTINHO, F. M .B; DELPECH, M. C. Poliuretanos como materiais de revestimento de superfície. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, p. 41-48, 1999.
- DOMENEGHETTI, POLIANA APARECIDA; SCHMIDT, VIVIAN CONSUELO REOLON; SOARES, MARCELO GOMES; , ; "CARACTERIZAÇÃO DE SCOBY DO KOMBUCHA PARA A PRODUÇÃO DE BIOFILMES", p. 840-846 . In: *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica*. São Paulo: Blucher, 2019.
- DOMSKIENE J.; SEDERAVICIUTE F.; SIMONAITYTE J. Kombucha bacterial cellulose for sustainable fashion. *International Journal of Clothing Science and Technology* v.31, p.644-652, 2019.
- FELA, K.; WIECZOREK-CIUROWA, K.; KONOPKA, M.; WOZNY, Z. Present and prospective leather industry waste disposal. *Polish Journal of Chemical Technology*, vol.13, p.53-55, 2011.
- FRANK, G. W. *Kombucha: Healthy Beverage and Natural Remedy from the Far East : Its Correct Preparation and Use*. Alemanha: Ennsthaler, 1991.
- FRIEDRICH, D. Benefits from sustainable development using bioplastics: A comparison between the food and fashion industries. *Sustainable Development*, v. 29, p.915-929, 2021.
- HOINACKI, E. *Peles e couros: origens, defeitos e industrialização*. 2.ed. Porto Alegre: CPF SENAI de Artes Gráficas "Henrique d'Ávila Bertaso", 1989. 320p.
- JAYABALAN, R. et al. A review on kombucha tea – microbiology, composition, fermentation, beneficial effects, toxicity, and tea fungus. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, [s. l.], v. 13, n. 4, p. 538-550, 2014.
- JAYABALAN, R. et al. Biochemical characteristics of tea fungus produced during kombucha fermentation. *Food Science and Biotechnology*, [s.l.], v. 19, n. 3, p. 843-847, 2010.
- JAYABALAN, R.; MALBASA, R.V.; LONCAR, E.S.; VITAS, J.S.; SATHISHKUMAR, M. A Review on Kombucha Tea—Microbiology, Composition, Fermentation, Beneficial Effects, Toxicity, and Tea Fungus. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2014.
- KREITH, F. *Handbook of solid waste management*. New York: McGraw-Hill, 1999.
- LAANAVYA, D.; SHIVANAND SHIRKOLE, P.; BALASUBRAMANIAN. Current challenges, applications and future perspectives of SCOBY cellulose of Kombucha fermentation. *Journal of Cleaner Production*, v.295, 2021.

LASZKIEWICZ, B. Solubility of bacterial cellulose and its structural properties. *Journal of Applied Polymer Science*, v.67, p.1871-1876, 1998.

MICROBES ARE “THE FACTORIES OF THE FUTURE. 2014. Disponível em:

<<https://www.dezeen.com/2014/02/12/movie-biocouture-microbes-clothing-wearable-futures/>> . Acesso em: 13 agosto 2025.

MOLL, I. The Myth of the Fourth Industrial Revolution. *Theoria, A Journal of Social and Political Theory*, v.68, p.38, 2021.

MONTEIRO, A. S. et al. Bacterial cellulose-SiO₂@TiO₂ organic-inorganic hybrid membranes with self-cleaning properties. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*. v. 89, 2-11. 15 jan. 2019.

MUKADAM, T. A.; PUNJABI, K.; DESHPANDE, S. D.; VAIDYA, S. P.; CHOWDHARY, A. S. Isolation and Characterization of Bacteria and Yeast from Kombucha Tea. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, p. 32-41, 2016.

NGUYEN, Hau Trung. Kombucha leather: Preparation and Characterization. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) - Tomas Bata University in Zlín, Zlín, 2022.

PALUDO, N. Desenvolvimento e caracterização de Kombucha obtida a partir de chá verde e extrato de erva-mate: processo artesanal e escala laboratorial. 2017. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2017.

PESSOA JÚNIOR, WAG; TAKENO, M.L.; MANZATO, L. Kombucha: Síntese e caracterização de celulose bacteriana. 57° Congresso Brasileiro de Química, 2017.

QUA, F. (Im)Material : a qualitative study on sustainable materials for design through a comparative review of leather and its modern alternatives. *Massachusetts Institute of Technology*, 2019.

SANTOS, A. M. M. M; CORREA, A. R; ALEXIM, F. M. B; PEIXOTO, G. B. T. Panorama do Setor de Couro no Brasil. *Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social*, n. 16, p. 57-84, set. 2002.

SCHNEIDER, T.; PEREIRA, L.; FERNANDES, K. Leather and its alternatives: an analysis of its use in the fashion market. *Revista e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial*, v.15, 2022.

- SHAOLIN, L.; FENG, Y., PEIKUN, Z.; WEI, H.; YI, C.; HAOJUN, F.; DINGSHAN, Y.; XUDONG, C. Preparation of Flame-Retardant Polyurethane and Its Applications in the Leather Industry. *Polymers*, v.93, n.1730, 2021.
- SILVA, I. M. C. B. Métodos de Preparação Industrial de Solventes e Reagentes Químicos. *Revista Virtual de Química*, v. 4, n.1, p. 73-82, 2012.
- SUN, ZB; LI, X; TANG, Z; LI, XB; MORRELL, JJ; BEAUGRAND, J; YAO, Y; ZHENG, QZ. Antibacterial Films Made of Bacterial Cellulose. *Polymers*, v.14, 2022.
- TAVARES, N. Greenwashing na indústria da moda mundial e suas consequências. *UNINTER*, v.2, 2022.
- TEIXEIRA, T. S. Impactos ambientais das indústrias de curtumes e inovações sustentáveis para a substituição do couro. Monografia (Graduação em Tecnologia Têxtil) - Faculdade de Tecnologia de Americana, São Paulo, 2020.
- VASQUES, R.S.; DA SILVA, A.B.P.; KLEIN C.S.; PEREIRA, C.; ALBUQUERQUE, G.M.T.; FORTUNATO, F.S. Estudos e resultados finais do grupo de pesquisa do CNPq em moda, história e têxtil-GEMOTEX (2019-2020): kombucha e fibra da urtiga. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.7, p. 67425-67442, 2021.
- VIEIRA, G.; VASCONCELOS, C. O estímulo ao consumo como forma de poder: os impactos no meio ambiente. *Revista de Direito de Sustentabilidade*, v.2, 2016.
- WANG, B.; RUTHERFURD-MARKWICK, K.; ZHANG, X.-X.; Mutukumira, A.N. Kombucha: Production and Microbiological Research. *Foods* 2022, 11, 3456.
- WATANABE, K; TABUCHI, M; MORINAGA, Y; YOSHINAGA, F. Structural features and properties of bacterial cellulose produced in agitated culture. *CELLULOSE*, v.5, p. 187-200, 1998.
- WOOD, J.; VERRAN, J.; REDFERN, J. Bacterial cellulose grown from kombucha: Assessment of textile performance properties using fashion apparel tests. *Textile Research Journal*, v.93, p.3094-3108, 2023.