

# TRANS VERSO

## 01 Experimentações em biomateriais: a Celulose Bacteriana como potencial para o Design

recebido em 23/08/2024  
aprovado em 23/09/2024

## Experimentações em biomateriais: a Celulose Bacteriana como potencial para o Design

Lia Paletta Benatti

lia.paletta@ufjf.br

Universidade Federal de Juiz de Fora

Camille Cristal Anastácio

camille.cristal@estudante.ufjf.br

Universidade Federal de Juiz de Fora

André Mol

andremol@ufjf.br

Universidade Federal de Juiz de Fora

Sílvia Resende Xavier

silvia.xavier@ufjf.br

Universidade Federal de Juiz de Fora

**RESUMO (PT):** Este artigo avalia a Celulose Bacteriana (CB) como uma alternativa sustentável aos materiais de origem vegetal, com ênfase na produção, caracterização e aplicações industriais. A pesquisa qualitativa e exploratória, traz revisão de literatura, cultivo da CB utilizando chá preto, açúcar, bactérias ativas e SCOPY. Após o período de incubação, a CB resultante foi submetida a processos de lavagem, higienização, pré-secagem e hidratação com glicerina. As amostras com espessura adequada foram usadas como base em bordado, apresentando resultado promissor. Diante de cultivos com resultados subótimos, foi possível identificar potenciais aplicações industriais para o material com espessura fina (abaixo de 1 mm) como substituto de filmes plásticos, com foco especial na indústria de embalagens. No entanto, a estruturação da cadeia produtiva da Celulose Bacteriana ainda representa um desafio significativo para sua viabilidade comercial. Os resultados sugerem que a Celulose Bacteriana é um biomaterial promissor, destacando-se por suas propriedades biodegradáveis e sua versatilidade.

**Palavras-chave:** celulose bacteriana, design, sustentabilidade.

**ABSTRACT (ENG):** This article evaluates bacterial cellulose (BC) as a sustainable alternative to plant-based materials, with a focus on production, characterization, and industrial applications. The qualitative and exploratory research includes a literature review and BC cultivation using black tea, sugar, active bacteria, and SCOPY. After an incubation period, the resulting BC underwent washing, sanitization, pre-drying, and hydration with glycerin. Samples with adequate thickness were used as embroidery bases, showing promising results. Despite suboptimal cultivation outcomes, potential industrial applications for the thin material (less than 1 mm thick) were identified, particularly as a substitute for plastic films, with a special focus on the packaging industry. However, structuring the bacterial cellulose production chain remains a significant challenge for its commercial viability. The results suggest that bacterial cellulose is a promising biomaterial, notable for its biodegradability and versatility.

**Keywords:** Bacterial cellulose; Design; Sustainability.

## 1. Introdução

Os problemas ambientais, frequentemente associados à exploração excessiva de recursos naturais para a produção de polímeros sintéticos e de madeira, intensificam os impactos negativos da atividade industrial no meio ambiente, prejudicando o desenvolvimento humano sustentável (Santos; Correa, 2020). A busca por materiais de origem menos poluente, com menor pegada de carbono e ciclos de vida projetados para reutilização ou biodegradação, torna-se cada vez mais necessária para reduzir os impactos antrópicos. Isso promove um movimento positivo em direção a um consumo mais consciente e impulsiona a indústria em uma trajetória mais sustentável.

A celulose, um polímero natural encontrado na estrutura de plantas, que se classifica como carboidrato ou polissacarídeo (Santos, 2020). É o biopolímero mais abundante e viável, sendo o mais amplamente utilizado, em especial pela sua alta resistência mecânica (Lahiri *et al.*, 2021). Pode ser sintetizada por diversos organismos, a exemplo de animais e vegetais, porém, quando produzida por bactérias, passa a ser denominada de celulose bacteriana (Pacheco *et al.*, 2017).

Quando retirada de plantas, a celulose não apresenta cristalinidade e pureza por estar associada a outras moléculas (Lahiri *et al.* 2021). O processo tradicional de obtenção deste biopolímero a partir de fontes vegetais possui limitações ambientais, já que envolve métodos químicos e mecânicos que são intensivos em recursos e emitem poluentes. A complexidade da cadeia produtiva da celulose vegetal, que abrange desde o plantio até o processamento, retarda o ciclo de produção, impactando sua viabilidade ambiental (Donini *et al.*, 2010).

Nesse contexto, a celulose bacteriana (CB) surge como uma alternativa sustentável e versátil por sua biodegradabilidade, evitando assim danos ambientais quando descartada e se mostra como uma alternativa para ser aplicada em diferentes cenários, como na indústria da moda, na produção moveleira ou na medicina, devido às suas propriedades específicas (Lahiri *et al.* 2021). Diferente da celulose produzida por plantas, a CB é desenvolvida através do processo de fermentação em conjunto com leveduras e digestão de carboidratos por bactérias, produzindo filamentos translúcidos, tecidos em nível microscópico, constituído de celulose com alto grau de pureza, não possuindo etapas poluentes ou quimicamente perigosas (Urbina *et al.*, 2021).

Os materiais biotecnológicos com base na celulose bacteriana (CB), estão sendo investigados para diferentes usos em produtos por apresentarem condições de produção de baixo custo, baixo impacto ambiental e por suas características físico-químicas e mecânicas únicas (Costa; Biz, 2017, p. 2).

Se comparado à produção tanto do couro animal como do couro sintético (de base polimérica), é significativamente mais sustentável, uma vez que é biodegradável e pode ser cultivada a partir de fontes renováveis, contribuindo para a redução do impacto ambiental.

O meio de cultivo comumente utilizado para a produção da Celulose Bacteriana é a kombucha: mistura fermentada de chá verde ou preto (*Camellia sinensis*), uma fonte de glicose, como o açúcar cristal por exemplo, e o líquido com bactérias ativadoras. “É uma bebida milenar chinesa que se acredita possuir propriedades medicinais por ser probiótica e pelos produtos gerados da fermentação” (Costa; Biz, 2017, p. 2). Dentre os gêneros que produzem a CB estão: *Agrobacterium spp.*, *Acetobacter spp.*, *Azotobacter*, *Rhizobium spp.*, *Sarcina*,

*Alcaligenes* e *Pseudomonas* (Urbina, et al., 2021). Uma espécie conhecida por produção de Celulose Bacteriana em larga escala é a *Gluconacetobacter xylinus* (também conhecida como *Acetobacter xylinum*), sendo o organismo modelo para fermentação comercial (Lahiri et al. 2021). A formação da membrana extraída da bebida kombucha, a CB, é a consequência da fermentação que acaba por estimular o crescimento da colônia de bactérias, distribuindo-as na superfície do líquido, formando uma estrutura orgânica macroscópica e biodegradável (Bolzan; Casciani; Regaglia, 2022). Possui como características principais afinidade à água, quando está em seu estado natural, e hidrofobia, quando em estado curado, ou seja, quando o tratamento da membrana está finalizado. Também possui elevada força tênsil, na ordem dos 200-300 MPa, como consequência do seu alto grau de cristalinidade (Sharma et al., 2023).

Outros meios de cultura podem ser utilizados, caracterizando diferentes colorações e aspectos físicos e químicos, como os de translucidez. Chás produzidos de plantas como hortelã (*Mentha spicata*), hibisco (*Hibiscus rosa-sinensis L.*) e repolho (*Brassica oleracea var. capitata*) foram alguns dos diferentes substratos explorados nesta pesquisa.

As propriedades técnicas e perceptivas do biomaterial podem variar a depender da rota de tratamento e processamento adotada para a produção. Após o processo de secagem completo, a CB pode assumir propriedades próximas a do papel. A adição de glicerina, a depender da sequência de aplicação em relação à secagem, pode acrescentar propriedades de translucidez ou maleabilidade (Ellwanger, 2022).

Algumas iniciativas, majoritariamente privadas, vêm investindo nessa produção material, oferecendo uma opção de material sustentável para o mercado. A Ponto Biodesign, por exemplo, é um laboratório experimental de materiais desenvolvidos a partir de celulose biofabricada por bactérias e resíduos alimentícios. A iniciativa trabalha na produção de biotecidos, intitulados de “fabtéria”, que possuem aplicações diversas como revestimento de calçados, estofamento de móveis e a confecção de embalagens biodegradáveis (Verkkomaki, 2020). Outro exemplo é a Biofabricate, fundada pela designer de moda Suzanne Lee, que utiliza a CB como base para seus produtos. “A Biofabricate é uma firma de inovações biomateriais sustentáveis que está ensinando empresas a utilizar tecnologias de base natural para criar um mundo material novo” (Lee, 2019, s/p).

Este artigo visa explorar as propriedades e as potencialidades da CB como material alternativo sustentável. A pesquisa qualitativa e exploratória, aqui apresentada, examina o cultivo, as características e as possíveis aplicações da CB, investigando o uso de diferentes substratos e metodologias de processamento. Diante dos desafios técnicos e estruturais para sua adoção em larga escala, este estudo contribui para a ampliação do conhecimento sobre o material e incentiva o desenvolvimento de uma cadeia produtiva de biomateriais voltados para o design sustentável.

## 2. Procedimentos metodológicos

A pesquisa caracterizou-se como um estudo qualitativo e exploratório, com foco na geração de conhecimento prático sobre as propriedades e aplicações da Celulose Bacteriana (CB) no Design. Esta abordagem permite uma análise aprofundada de aspectos complexos do material em estudo, que possui potencial para atender a desafios específicos no desenvolvimento de soluções sustentáveis (Oliveira, 2011). O estudo dividiu-se em três etapas principais: revisão bibliográfica, cultivo experimental da CB e análise das amostras obtidas.

## 2.1 Revisão bibliográfica

A revisão de literatura foi realizada com base na técnica de fichamento descrita por Marconi e Lakatos (2003), com o objetivo de contextualizar o estudo sobre a CB e identificar suas aplicações e limitações atuais. Foram abordadas as principais características estruturais da CB, métodos de cultivo e tratamentos comuns, assim como suas aplicações em diferentes setores, como moda, design e medicina.

## 2.2 Cultivo da Celulose Bacteriana

O cultivo da CB (figura 1) seguiu a metodologia adaptada do curso Fabtéria, que utiliza um meio adaptado da kombucha, porém em proporções diferentes da bebida para consumo, composto por chá preto, açúcar cristal, bactérias ativas e o SCOPY, uma matriz composta de uma associação entre fungos e bactérias cuja sigla significa *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast* (em português: Cultura Simbiótica de Bactéria e Levedura). Os ingredientes foram adquiridos da distribuidora The Kombucha Hub. A mistura permaneceu em cultivo estático durante 14 dias em um ambiente ventilado, com temperatura controlada entre 23 e 30°C, e sem exposição direta à luz solar. Durante esse período, a fermentação permitiu o desenvolvimento da membrana de CB na superfície do líquido, promovendo o crescimento bacteriano.



Figura 1 – Celulose Bacteriana produzida no estudo. Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

Ao final do cultivo, a membrana de CB foi cuidadosamente retirada e submetida a uma sequência de processos de tratamento: lavagem, higienização e pré-secagem. A pré-secagem, realizada ao ar livre ou em centrífuga, tem por objetivo agilizar a retirada de água do material, que acarreta na redução da espessura em aproximadamente 50%, possibilitando o tratamento posterior com glicerina. Em seguida, a membrana foi hidratada com glicerina, espalhada uniformemente sobre a superfície da CB, e seca com exposição a ventilação constante para evitar resíduos de glicerina. Esse processo foi desenvolvido para conferir ao material propriedades adicionais de flexibilidade e translucidez, ampliando suas possibilidades de aplicação.

## **2.3 Análise das Amostras e Testes de Aplicação**

Após o cultivo e tratamento, as amostras de CB foram analisadas com o objetivo de avaliar suas propriedades estruturais e potenciais de aplicação. O parâmetro de espessura foi definido como critério de sucesso, considerando entre 4 e 8 mm como espessura ideal antes do tratamento e entre 1 e 2 mm após a secagem. Em seguida, um conjunto de testes foi realizado para explorar o uso prático do material, incluindo experimentos de bordado industrial e avaliação de aderência por contato.

## **3. Resultados**

A espessura da membrana de celulose bacteriana (CB) foi estabelecida como um parâmetro central para avaliar a eficácia do cultivo. Após 14 dias de cultivo, observou-se que espessuras entre 4 e 8 mm eram consideradas ideais para a membrana inicial, enquanto o material tratado e seco apresentou espessuras entre 1 e 2 mm, conforme esperado. A produção utilizou recipientes plásticos retangulares, cujo formato determinou a geometria final das membranas, uma vez que a CB se expande para cobrir a superfície do líquido de cultivo (Costa; Biz, 2017).

Os primeiros cultivos obtiveram espessuras abaixo de 4 mm como resultado, e menos de 1 mm após secagem e tratamento. Os fatores de destaque para tal declínio foram a falta de circulação de oxigênio pela caixa de cultivo e as baixas temperaturas, sendo resolvidos, respectivamente, pela realização de abertura maior na caixa para a passagem de oxigênio e pela transferência do cultivo para uma superfície de baixa condução de calor e proteção térmica.

Para os cultivos seguintes, com as correções já aplicadas, membranas de 6 e 7 mm foram recolhidas, com poucas variações em sua espessura ao longo de seus comprimentos. Após tratamento completo, ficaram entre 1 e 2 mm de espessura.

As amostras obtidas apresentaram uma coloração marrom-clara, textura aveludada e ausência de odores. Em termos de propriedades mecânicas, foi observada uma característica de adesão por contato semelhante ao filme de PVC, permitindo que a CB tratada aderisse a si mesma ao ser pressionada (Figura 2). Esta propriedade foi mais pronunciada nas membranas de menor espessura, que tendem a se aderir com mais facilidade, enquanto as membranas mais espessas se mostram mais fáceis de manusear e modelar.



Figura 2 – Amostra de CB de espessura fina em adesão por contato. Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

Após verificação dos resultados obtidos ao longo da pesquisa, nota-se semelhanças e diferenças em relação à características diversas. Quanto à uniformidade, todas as películas produzidas têm uma variação na espessura ao longo de sua extensão de, aproximadamente, 0,5 mm. Apesar da realização de investigação, não foi encontrado motivo sólido que explique a razão de todas as películas, ainda que cultivadas em diferentes ambientes, caixas e sob diferentes condições climáticas e exposição à oxigênio, obtivessem variação de espessura, mesmo estando em um local planificado.

No quesito coloração, mesmo utilizando diferentes substratos para o meio de cultivo, sendo o principal a kombucha, todas as películas com até 4 mm finalizaram o processo translúcidas e com tons amarronzados. Mesmo as películas com maior espessura apresentaram certa transparência e também finalizaram com tons marrons. Houve variação de tonalidades associadas a diferentes concentrações ou processamento de chás, como a diferença de cor entre o chá verde e o chá preto além da variação de espessura que cada membrana possui. A translucidez do material também foi afetada pelas diferentes colorações e variações de espessura.

O cultivo em mistura de partes iguais de chá de hibisco e chá preto resultou em espessuras satisfatórias entre 6 e 8 mm após a coleta. Foram testados também chás de hortelã e de folha de repolho roxo, que resultaram em espessuras insatisfatórias de menos de 1 mm. Com objetivo de obter diferentes colorações, o teste apontou que o material retorna às tonalidades terrosas quando é desidratado (figura 3).

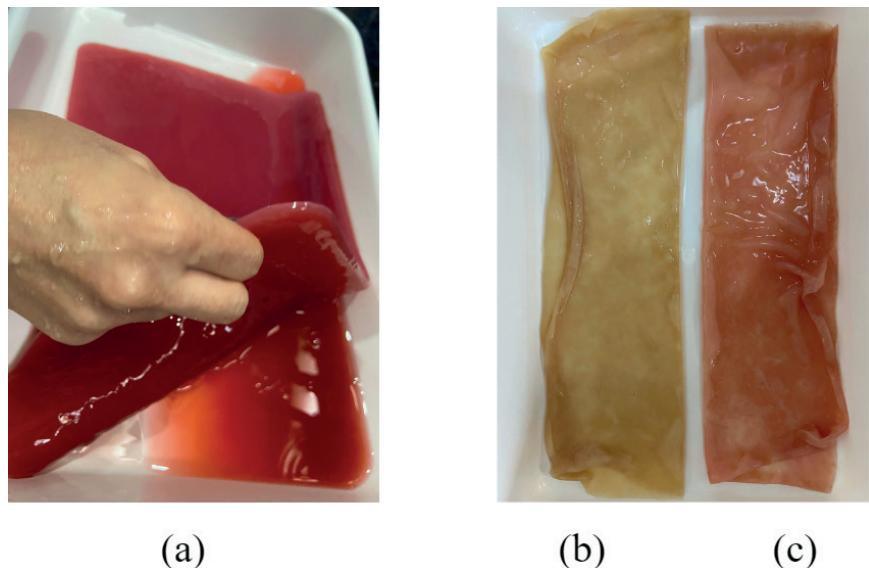


Figura 3 – Amostras de celulose bacteriana produzida com chá de hibisco (esquerda), chá de hortelã (ao centro) e chá de folha de repolho roxo (direita). Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

Amostras de maior espessura foram submetidas ao processo de bordado industrial, utilizando-se uma máquina de costura profissional, pois considerou-se que uma das possíveis aplicações da CB é voltada para a indústria da moda. Em uma revisão bibliográfica na busca de aplicações da Celulose Bacteriana no design industrial, arquitetura e moda, Nascimento et al. (2021) apontaram estudos científicos com aplicações têxteis e de moda como maior parte da amostra de trabalhos encontrados.

Observa-se uma ênfase nos processos produtivos envolvendo a CB tanto nos trabalhos acadêmicos quanto nos depósitos de patentes. Na amostra, há um maior número de trabalhos voltados à aplicações têxteis e da moda. Os autores divergem quanto às possibilidades de uso a curto prazo para este tipo de aplicação. Nota-se o empenho em encontrar tratamentos que aumentem a durabilidade de biofilmes de CB (Nascimento et al., 2021, p. 27).

Foi selecionado um bordado relativamente complexo por apresentar áreas com detalhes pequenos e três cores de linha, disponíveis na configuração da própria máquina.

Por gerar um material delicado de menor espessura, considerou-se adequado posicionar a CB sobre uma entretela para garantir melhor qualidade do resultado final. Prática já amplamente difundida no bordado de tecidos mais finos.

Considerou-se o resultado final satisfatório (figura 4), entendendo que a CB recebe bem o bordado, mostrando-se potencial para a indústria da moda, assim como para outras que possam utilizar desse processo produtivo.



Figura 4 – Amostra de CB sobre entretela após bordado computadorizado (frente à esquerda e verso à direita). Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

Em relação à particularidades do material, assim como em tecidos delicados, observou o repuxamento da amostra e abertura de furos (para passagem da linha) maior em locais com quantidade maior de pontos (figura 5), sendo sugerido no trabalho com a CB o uso de pontos simples, com menor quantidade de passagens da agulha, garantindo-se assim a integridade estrutural do material.



Figura 5 – Detalhe do bordado na CB, com abertura do material e repuxamento da amostra. Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

Considerando que uma série de cultivos resultou em materiais de espessura menor que a esperada pelo processo (menor que 4 mm), seja pela baixa circulação de oxigênio ou pelo uso de chás inadequados, observou-se potencialidades de aplicação das películas mais finas.

Analisando o material por diferentes perspectivas, como translucidez, elasticidade, resistência, dentre outras propriedades, foi constatado que suas características físicas se assemelham a um filme, tendo o potencial de proveito semelhante aos filmes plásticos, como o PVC, tornando-se uma alternativa menos poluente, dando origem a um mapa mental de possíveis aplicações mercadológicas (figura 6).

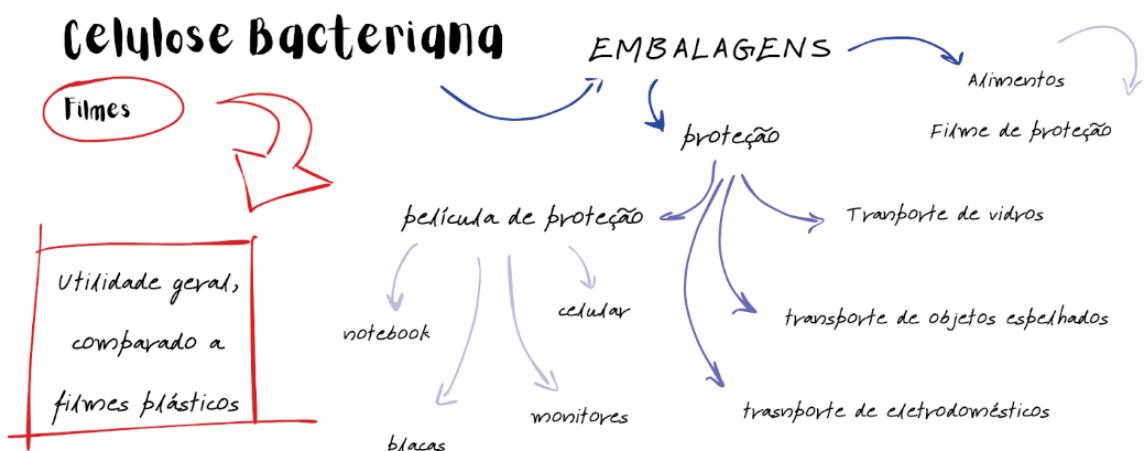


Figura 6 – Mapa mental com sugestões de aplicação do biofilme. Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

Costa e Biz (2017) ressaltam a amplitude de aplicações já testadas para a CB:

[...] sendo um material biodegradável com aplicações nas mais diversas áreas como: cosméticos, indústria têxtil, mineração e refinaria, tratamento de lixo, purificação de esgotos, comunicações, indústria de alimentos, indústria de papel, medicina, laboratórios, eletrônica, energia [...] (Costa; Biz. 2017, p. 2).

As películas de CB mais finas foram aplicadas em testes sobre telas de dispositivos eletrônicos, mantendo a responsividade à tecnologia *touch* e proporcionando uma barreira protetiva biodegradável. Esta propriedade indica uma possível aplicação da CB em produtos de proteção, com potencial para substituir filmes plásticos em embalagens descartáveis.

A película, apesar de fina (figura 7), preserva ainda propriedades de resistência, permitindo que, em menor tempo de produção, possa ser utilizada para construção de folhas de proteção para produtos diversos. Mesmo considerando que sua textura não é adequada para alguns usos, é importante ressaltar que a indústria faz um amplo uso de filmes plásticos para proteção de produtos diversos, sendo estas películas frequentemente descartadas após único uso. Neste contexto, a CB apresenta amplo potencial de aplicação devido à sua alta degradabilidade.



Figura 7 – Teste da película fina de CB sobre a tela de smartphone. Fonte: elaborado pelos autores, 2024.

Como resultado, um leque de possibilidades de produção e uso foram abertos, permitindo que a exploração individual de cada proposta possa ser trabalhada no futuro. Uma base qualitativa para a impulsão de pesquisas quantitativas quanto à avaliação das características de produção, modificando e complementando o processo de fabricação das películas, assim como uma base criativa para a exploração de novos produtos sustentáveis através do olhar e conceituação do design.

#### **4. Discussões e conclusões**

Em relação ao cultivo da celulose bacteriana, devido às disparidades de resultados, a necessidade da análise do material em diferentes espessuras incentivou o aprofundamento das aplicações. Esta ação tornou o processo de pesquisa mais completo e detalhado, com um novo olhar para diferentes maneiras de produzir, tratar e utilizar as membranas, mesmo que mais finas do que o esperado no cultivo controlado. Porém, é importante ressaltar que a popularização do uso dos biomateriais não depende apenas de testes de aplicação, mas também de uma produção dentro de uma segmentação mercadológica.

Considerando os mercados de materiais poliméricos e têxteis, seus resultados prosperam à base de uma cadeia bem estabelecida dentro do setor comercial. Cadeias como a dos tecidos têm grande complexidade e se dividem em setores que interagem entre si, que vão do setor primário, como o cultivo do algodão, por exemplo, passando pelo setor secundário, onde acontece a transformação dos insumos e finalizados no setor terciário, através do comércio de vestuário (Rolim, 1997). Os biomateriais, por outro lado, não são ainda um setor participativo de uma cadeia de insumos e também não possuem um setor terciário estabelecido. Atualmente, para se obter a CB, tanto o setor de vestuário quanto o consumidor precisam fabricar, tratar e utilizar o material em seu próprio processo produtivo. Essa dificuldade de investimento e segmentação ao longo de toda a cadeia de produção impacta diretamente a disseminação de materiais sustentáveis, tanto como produto

quanto como conceito, restringindo o acesso dos consumidores a esses itens. A falta de oferta não promove a demanda e o desconhecimento sobre a existência e as características do material não incentivam sua produção.

Para que haja crescimento da demanda e da oferta há a necessidade da estruturação do processo em uma cadeia, ou seja, seguindo a atual lógica do mercado, a segmentação do processo de produção do biomaterial. Começando pela criação de empresas transformadoras focadas na produção do material para venda, seguido de empresas especializadas no tratamento do material, sendo esse para um comércio específico ou diverso como fornecedores, finalizando a cadeia na comercialização do material em distribuição para empresas de varejo ou atacado, chegando, por fim, ao mercado em formatos comuns como rolos ou placas, acessível para atribuições quaisquer.

Pesquisas, como a do presente artigo, se popularizam cada vez mais, mas carecem de empreendimentos da iniciativa privada que possam oferecer ao mercado fornecimento de biomateriais, em especial da Celulose Bacteriana.

---

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Jacqueline de Sousa Coelho, Técnica-Administrativa em Educação, representante do Laboratório de Produção do Vestuário (LabVest) do Instituto de Artes e Design da Universidade Federal de Juiz de Fora pela operacionalização do bordado na Celulose Bacteriana.

Ao CNPq e à UFJF pela concessão da bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação.

À FAPEMIG e à UEMG pelo apoio, suporte e fomento na realização do projeto.

## Referências

- BOLZAN, P.; CASCIANI, D.; REGAGLIA, A. New perspectives in fashion sustainability through the use of bacterial cellulose. In: Anais do Design Research Society 2022. **Anais** [...]. Bilbao, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.21606/drs.2022.793>.
- COSTA, P. Z. R., BIZ, P. Cultivando materiais: o uso da celulose bacteriana no design de produtos. In: Anais do 3º Simpósio de Pós-Graduação em Design da ESDI | SPGD 2017. **Anais** [...]. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: [https://www.even3.com.br/anais/spgd\\_2017/61907-cultivando-materiais---o-uso-da-celulose-bacteriana-no-design-de-produtos/](https://www.even3.com.br/anais/spgd_2017/61907-cultivando-materiais---o-uso-da-celulose-bacteriana-no-design-de-produtos/). Acesso em: 25 jun. 2024.
- DONINI, I. A. N.; DE SALVI, D. T. B.; FUKUMOTO, F. K.; LUSTRI, W. R.; BARUDI, H. S.; MARCHETTO, R.; MESSADDEQ, Y.; RIBEIRO, S. J. L. Biossíntese e recentes avanços na produção de celulose bacteriana. **Eclética Química**, v. 35, n. 4, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-46702010000400021>.
- ELLWANGER, Elena Raquel Amato. **Produção de filme de celulose bacteriana com resíduo cervejeiro para aplicação em embalagens de alimentos**. Monografia (Mestrado em Design) – Escola de Design, Universidade do Estado de Minas. Belo Horizonte, 2022. Disponível em: <https://mestrados.uemg.br/ppgd-producao/dissertacoes-ppgd/category/171-2021-dissertacoes-ppgd>. Acesso em: 02 jul. 2024.
- LAHIRI D., et al. Bacterial Cellulose: Production, Characterization, and Application as Antimicrobial Agent. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 23, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms222312984>.
- LEE, S. Por que “biofabricação” é a próxima revolução industrial. **TEDSummit 2019**. 2019. Vídeo (12 min). Disponível em: [https://www.ted.com/talks/suzanne\\_lee\\_why\\_biofabrication\\_is\\_the\\_next\\_industrial\\_revolution?language=pt-br](https://www.ted.com/talks/suzanne_lee_why_biofabrication_is_the_next_industrial_revolution?language=pt-br). Acesso em: 01 abr. 2024.
- MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da Metodologia Científica**. São Paulo: Editora Atlas, 2003.
- NASCIMENTO, E. S.; LAU, G. M.; ISHIY, F. C.; HEEMANN, A. Design e materiais vivos: perspectivas e aplicações da celulose bacteriana no design industrial, arquitetura e moda. In: **IX ENSUS — Encontro de Sustentabilidade em Projeto**, Florianópolis, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228967/VOLUME%20IV%20-19-30.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 25 jun. 2024.
- OLIVEIRA, Diva Maria Tammaro de. Introdução à pesquisa qualitativa. In: **Teoria e prática da pesquisa aplicada**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- PACHECO, G.; NOGUEIRA, C. R.; MENEGUIM, A. B.; TROVATTI, E.; SILVA, M. C. C.; MACHADO, R. T. A.; RIBEIRO, S. J. L.; FILHO, E. C. S.; BARUD, H. S. Development and characterization of bacterial cellulose produced by cashew tree residues as alternative carbon source. **Industrial Crops and Products**, v. 107, n. 5, p. 13–19, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669017303394>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- ROLIM, C. F. C. Efeitos regionais da abertura comercial sobre a cadeia produtiva do algodão, têxtil, vestuário: uma versão resumida. **Revista Econômica do**

**Nordeste**, [s. l.], v. 28, p. 185—206, 1997. Disponível em: <https://www.bn.br/revista/ren/article/view/2248>. Acesso em: 01 abr. 2024.

SANTOS, K. O.; CORREA, S. J. Oficina de educação ambiental na casa do caminho: uma discussão a respeito da poluição do solo e poluição hídrica. In: TORRES, E. C.. **Educação Ambiental e Geografia VI**: Sensibilizações, práticas e desafios. Londrina: Amazon, 2020.

SANTOS, V. S. O que é celulose? **Brasil Escola, 2024**. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/biologia/o-que-e-celulose.htm>. Acesso em: 01 abr. 2024.

SHARMA, P.; MITTAL, M.; YADAV, A; AGGARWAL, N. K. Bacterial cellulose: nanobiomaterial for biodegradable face masks – a greener approach towards environment. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 19, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2022.100759>.

URBINA, L.; CORCUERA, M. A.; GABILONDO, N.; ECEIZA, A.; RETEGI, A. A review of bacterial cellulose: sustainable production from agricultural waste and applications in various fields. **Cellulose**, v. 28, p. 8229—8253, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10570-021-04020-4>.

VERKKOMAKI, A. When biology and design meet. **Omuus**, 2020. Disponível em: [https://omuus.com/when\\_biology\\_and\\_design\\_meet](https://omuus.com/when_biology_and_design_meet). Acesso em: 01 abr. 2024.