

# BIOMASSA COMO MATÉRIA-PRIMA RENOVÁVEL: OBSTÁCULOS PARA UTILIZAÇÃO

*BIOMASS AS A RENEWABLE RAW MATERIAL: OBSTACLES TO ITS USE*

*LA BIOMASA COMO MATERIA PRIMA RENOVABLE: OBSTÁCULOS PARA SU USO*

**MARIANA MENONCIN** | UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

**IGOR CÉSAR ROSA SILVA, Me.** | UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

**FERNANDA RAMOS ASSOLARI** | UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

**UGO LEANDRO BELINI, Dr.** | UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil

## RESUMO

Em um cenário crescente onde há preocupação com o uso de biomassa como matéria-prima de novos produtos, nem tudo é perfeito, existem os desafios científicos, técnicos e econômicos, que, muitas vezes, dificultam o progresso do projeto. É preciso apontar esses desafios. Embora seja notório o potencial do Brasil para o uso de biomassa como matéria-prima de novos produtos, este artigo tem o objetivo de apresentar uma síntese de possíveis desafios e limitações encontradas para a sua utilização. Utilizou-se como método científico a revisão bibliográfica em artigos, dissertações, teses e portais de pesquisas de empresas públicas, para analisar as informações sobre as limitações no uso de biomassa em produtos reconstituídos. A revisão da literatura permitiu considerar os desafios e limitações para a utilização de biomassa reconstituída. Nesse sentido, é necessário que o tópico seja abordado a fim de contribuir para possíveis construções científicas, atentando para os tipos de desafios, limitações e regulamentações. Alcançou-se como resultados a apresentação dos desafios, que devem ser analisados a fim de preencher essa lacuna ao desenvolver novos produtos de biomassa reconstituída. Os resultados apresentados contribuem para um melhor planejamento e gestão ao desenvolver e utilizar-se de biomassa como matéria-prima.

## PALAVRAS-CHAVE

Desafios; limitações técnicas; biomassa.

## ABSTRACT

*In a growing scenario where there is concern about the use of biomass as raw material for new products, not everything is perfect, there are scientific, technical, and economic challenges, which often hinder the progress of the project. These challenges need to be pointed out. Although Brazil's potential for the use of biomass as a raw material for new products is notorious, this article aims to present a summary of possible challenges and limitations found for its use. A bibliographical review of articles, dissertations, theses, and research portals of public companies was used as a scientific method, to analyze information about limitations in the use of biomass in reconstituted products. The literature review allowed considering the challenges and limitations of the use of reconstituted biomass. In this sense, it is necessary that the topic be addressed in order to contribute to possible scientific constructions, paying attention to the types of challenges, limitations, and regulations. As a result, the presentation of challenges was achieved, which must be analyzed in order to fill this gap when developing new products from reconstituted biomass. The presented results contribute to better planning and management when developing and using biomass as a raw material.*

## KEYWORDS

Challenges; technical limitations; biomass.



## **RESUMEN**

*En un escenario creciente donde existe preocupación por el uso de biomasa como materia prima para nuevos productos, no todo es perfecto, existen desafíos científicos, técnicos y económicos, que muchas veces obstaculizan el avance del proyecto. Es necesario destacar estos desafíos. Si bien el potencial de Brasil para utilizar biomasa como materia prima para nuevos productos es bien conocido, este artículo tiene como objetivo presentar una síntesis de los posibles desafíos y limitaciones encontradas en su uso. El método científico fue la revisión bibliográfica de artículos, disertaciones, tesis y portales de investigación de empresas públicas, para analizar información sobre las limitaciones en el uso de biomasa en productos reconstituidos. La revisión de la literatura nos permitió considerar los desafíos y limitaciones para el uso de biomasa reconstituida. En este sentido, es necesario que el tema a abordar contribuya a posibles construcciones científicas, atendiendo a los tipos de desafíos, limitaciones y regulaciones. Los resultados fueron la presentación de desafíos, que deben ser analizados para llenar este vacío en el desarrollo de nuevos productos de biomasa reconstituida. Los resultados presentados contribuyen a una mejor planificación y gestión a la hora de desarrollar y utilizar la biomasa como materia prima.*

## **PALABRAS CLAVE**

*Residuos; reducción; reutilización; reciclaje; construcción civil.*

## 1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais se divulga o potencial do Brasil para o uso de biomassa como matéria-prima no desenvolvimento de novos produtos, visando práticas mais sustentáveis que envolvam tecnologias mais limpas. A biomassa vegetal, portanto, é definida pela EMBRAPA como “um produto direto da fotossíntese, por meio da qual o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) é convertido em açúcares, os quais, posteriormente, são convertidos nos polímeros estruturais amido, celulose, hemicelulose e lignina” (EMBRAPA, 2013, p.17).

Atualmente, ainda existem dois meios principais de utilização da biomassa no Brasil. Na forma mais tradicional, como fonte de energia por meio da combustão e em processos mais tecnológicos que envolvem a conversão dessa biomassa, por exemplo, para biocombustíveis (Moraes, et al., 2017). Além disso, a biomassa também pode ser destinada para a produção de novos produtos de design industrial ou engenharia.

Nesse cenário, nem tudo é perfeito, existem os desafios científicos, técnicos e econômicos, que, muitas vezes, dificultam o progresso do projeto. É preciso apontar esses desafios. A EMBRAPA (2013, pp.177-178) lista os desafios como segue:

- a) Desafios científicos: que envolve a criação de ambientes acadêmicos e industriais propícios para o desenvolvimento de mão de obra especializada, envolvendo formação e qualificação ao nível técnico, de graduação, de especialização, de mestrado, de doutorado e de pós-doutorado. Isso demanda uma visão estratégica do setor público e da iniciativa privada, com uma parceria constante;
- b) Desafios técnicos: que envolve o desenvolvimento ou a melhoria de tecnologias que permitam o escalonamento dos processos desenvolvidos em laboratório, como métodos de separação, otimização de processos, eficiência energética, entre outros. Assim como melhorias e inovações dos processos já existentes;
- c) Desafios econômicos: projetos industriais geralmente têm que captar recursos dentro ou fora de suas organizações, como agências de financiamento, por exemplo, o BNDES em parceria com investidores privados. Quanto a capacitação de recursos junto a instituições de fomento como o CNPq e Fundações Estaduais de Apoio a Pesquisa, a descontinuidade na aplicação de orçamentos e o atraso na liberação de recursos que são os maiores entraves para execução dos projetos.

A implementação e estudos de processos mais sustentáveis e economicamente viáveis é um dos fatores que precisam ser explorados com mais profundidade quando o assunto é biomassa para produtos reconstituídos. Pois esses produtos, além de oferecerem alternativas com menor impacto ambiental, também podem ajudar a reduzir a utilização de outros produtos e materiais de fontes não renováveis (Moraes, et al., 2017). O emprego desses produtos alternativos procura minimizar os impactos negativos associados aos produtos convencionais, assim tornam-se uma opção ecologicamente adequada (Sanjay et al., 2018). Além de impulsionar o desenvolvimento sustentável do país, possibilita a geração de empregos verdes e a preservação ambiental.

Há uma conscientização individual e coletiva da população sendo construída, isso representa um processo longo, mas com sinais de vida e vontade de mudanças quando o assunto são os cuidados com o meio ambiente. A crescente preocupação com os impactos das ações humanas no planeta impulsiona a busca por estilos de vida mais sustentáveis e a demanda por políticas e práticas que promovam a preservação ambiental aumenta (Khatibi et al., 2021; Gifford et al., 2009; Matos et al., 2022).

Em artigos e outras publicações, nota-se que a utilização de materiais naturais, como fibras vegetais, que em sua grande maioria são descartadas como resíduos de processos industriais, estão sendo reaproveitadas para a criação de um novo produto buscando novas possibilidades de utilização e reutilização (Dungari et al., 2015). Visando a alternativa referente ao aproveitamento de fibras vegetais, como juta, sisal, coco, bambu, entre outras, o qual não reduz somente o desperdício de materiais residuários, mas também oferece uma alternativa sustentável a alguns produtos convencionais. Tendo potencial para aplicações em setores da construção civil, têxtil, embalagens e muitos outros (Jagadeesh et al., 2022; Ashik & Sharma, 2015).

Vários estudos e projetos demonstram o interesse em promover uma economia circular e a busca por soluções inovadoras que valorizem e aproveitem de forma sustentável os recursos naturais disponíveis. Portanto, esse artigo de revisão bibliográfica visa a apresentação do potencial da biomassa, principalmente os resíduos, como matéria-prima para produtos reconstituídos. São apresentados estudos que evidenciam os benefícios socioeconômicos e ambientais, mas também são discutidos os desafios científicos, técnicos e econômicos do desenvolvimento e aplicação dessas novas tecnologias.

## 2. MÉTODOS

A metodologia de pesquisa utilizada neste artigo é classificada como qualitativa e emprega métodos de uma busca sistemática e crítica da literatura existente sobre o tema, a avaliação da qualidade metodológica dos estudos selecionados e uma síntese clara e objetiva dos achados mais relevantes da literatura.

Os dados coletados por meio desta pesquisa são de natureza descritiva, visando fornecer a melhor descrição possível dos elementos existentes na realidade estudada (Prodanov & Freitas, 2013). A coleta de dados envolve a busca sistemática em bancos de dados de literatura científica, utilizando palavras-chave relevantes ao tema (Gil, 2008).

Para a busca por palavras-chave, foram inicialmente elencados alguns possíveis desafios para a consolidação da biomassa, e incluiu-se na pesquisa algumas biomassas de conhecimento dos autores. Na busca utilizando palavras-chave relacionadas a "BIOMASSAS", todas listadas na Tabela 01 foram buscadas individualmente, enquanto para os demais temas foram realizadas buscas combinadas das palavras-chave listadas em cada linha da tabela.

Desafio	Palavras-chave consideradas na busca
Falta de infraestrutura adequada	Biomass supply-chain; cleaner production; cleaner production evaluation;
Falta de padrões e regulamentos	Standards for cleaner production; Cleaner Production Agreement; biomass;
Custos elevados	Biomass development; biomass challenges; Cost challenges; Bottlenecks;
Falta de conscientização e interesse do público	Cleaner production opportunities; biomass opportunities; waste and biomass valorization;
Limitações técnicas	By-products biomass application; waste-to-value, biomass upcycling
Biomassas	Biomassa produtos reconstituídos; Biomassa "produtos reconstituídos"; Bagaço de Cana-de-Açúcar Mamona Painéis; Biomassa produtos reconstituídos painéis; Alternativas para painéis de madeira -energia; Painéis de bambu; Embalagem sustentável biomassa; Biomass alternative products -energy; Biomass alternative "high value products" -energy; biomass residues alternative high value products; green product development; green products automobile.

**Tabela 01:** Palavras-chave consideradas.  
**Fonte:** Autores, 2023.

Devido à abrangência da pesquisa, entre os resultados, os artigos foram selecionados com base em seus resumos, conclusões e na relação destes com os desafios listados na Tabela 01. Os selecionados são apresentados e discutidos na seção de resultados.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Existem vários estudos onde biomassas de diferentes fontes são utilizadas na produção de produtos reconstituídos. Os mais conhecidos e os mais presentes na pesquisa para esse artigo são os produtos reconstituídos de madeira, como, por exemplo, na produção de painéis. Existem muitos estudos relacionados à utilização de resíduos de madeira para produção de energia, mas nosso artigo não vai focar nessa aplicação. Os estudos envolvem espécies de reflorestamento e até o uso de resíduos urbanos madeireiros para a produção de painéis. Em sua grande maioria focam em tecnologias sustentáveis, mas também economicamente viáveis. Como exemplos, estudos de Trianoski et al., (2020) que trata da qualidade de juntas coladas de madeiras de várias espécies de eucalipto, estudos de Sá et al. (2012) que trata da análise da mistura de três espécies de reflorestamento na produção de painéis cimento-madeira, estudo de Ribaski & Belini (2019) que fala do Aproveitamento de resíduos sólidos urbano madeireiro, estudos de Bertolini (2011) que empregou resíduos de pinus na produção de chapas de particulados entre outros estudos.

Também, em relação a painéis, existem pesquisas que utilizam outras fontes de matérias-primas um exemplo é a utilização de bagaço de cana-de-açúcar com resinas a base de mamona (Sartori, 2012; Barrero, 2016; Barrero et al., 2016; Sugahara, 2018; Pozzer, 2019). Os objetivos, no geral, são o aproveitamento de matérias que são consideradas resíduos, com alta disponibilidade, principalmente na região sudeste do Brasil e apontam como resultados os benefícios econômicos e ambientais. O maior desafio dessas pesquisas, em geral, é atingir os padrões exigidos por NBRs, o que faz com que muitos desses estudos utilizem partículas ou fibras de madeira associadas com o bagaço da cana-de-açúcar e outros tipos de resinas, o que torna o resultado mais eficiente. Outro ponto a considerar é o uso dos painéis, os quais devem ser preparados pensando na degradação, desempenho e durabilidade (Barrero et al., 2016). A utilização desses painéis devido às propriedades mecânicas limitadas, são restritas a usos não estruturais e internos. Principalmente pela grande variedade de origem das fibras, diferentes tamanhos e a proporção e tipos de resinas

utilizadas. Sendo assim, investir em pesquisas é essencial para a otimização desses produtos (Figueiredo, 2020).

Na literatura, estudos mencionam outros tipos de matérias-primas para a produção de painéis, como o uso da casca de coco (Souza, 2020), bambu (Melo et al., 2015; Nogueira, 2008; Miskaro, 2009) bambu com casca de arroz e resina de mamona (Archangelo, 2016), bambu e cana-de-açúcar (Brito, 2018), bambu e casca de café (Araújo, 2015), bambu e casca de amendoim com resina de mamona (NASSER, 2016) e até mesmo um exemplo de incorporação de lodo de estação de tratamento de água em painéis de madeira aglomerada (Silva, et al., 2015) entre outros. Sendo o bambu, em muitos estudos, considerado alternativa de baixo custo para habitações sociais (Azambuja & Kawakami, 2015).

Muitos outros artigos apresentam estudos e projetos que utilizam biomassas oriundas de resíduos para variadas finalidades. Resíduos de fruto de açaí e ouriços de castanha do Pará para confecção de filtros para filtração de águas residuárias (Oliveira, 2021). Barbieri et al. (2013) afirmam que, na produção de tijolos de argila, há a possibilidade de utilizar materiais provenientes de resíduos de biomassa, tais como sementes de uvas e cerejas, serragem (para formação de poros) e cinza de cana-de-açúcar (como precursor de sílica), como alternativas para matérias-primas convencionais.

Gonçalves et al. (2017), em um estudo intitulado “Fibras vegetais: aspectos gerais, aproveitamento, inovação tecnológica e uso em compósitos”, os autores apontam benefícios nas aplicações dos materiais reconstituídos para a construção civil, a área médica com um sistema de entrega de medicamentos à base de fibras, e também para as indústrias do mobiliário e painéis acústicos, além de pesquisas em desenvolvimento com utilizando fibras naturais. Em um dos exemplos apresentados pelos autores, demonstram as potencialidades dos resíduos do caroço do açaí, para o aproveitamento e fabricação de novos materiais, sabendo que muitas vezes esses caroços são descartados de forma inadequada e despreparada. Essas fibras podem ser utilizadas no desenvolvimento de painéis ou mesmo compósitos reforçados (2018, p.5). Como resultado, há o reaproveitamento de materiais oriundos de fontes renováveis que contribui para minimizar os impactos negativos ao meio ambiente.

Em uma outra pesquisa, analisando a avaliação ambiental, econômica e social na produção de compósitos reforçados com o reaproveitamento de fibras vegetais, Silva et al. (2018, p.253) apresentam os benefícios ambientais a partir do resíduo gerado pela destinação inadequada do

coco verde ao escreverem “Avaliação ambiental, econômica e social de um novo compósito cimentício produzido com elevado teor fibra de coco tratada”. A fibra tratada foi estudada em um novo compósito cimentício para a construção civil, onde as vantagens são o fator renovável, baixo custo, produção sem poluição e possibilita a oportunidade do desenvolvimento agrícola sustentável.

Para a realização da pesquisa e apresentar os benefícios ambientais gerados, um dos métodos usados foi a Avaliação do Ciclo de Vida e a metodologia AMBITEC/UESC adaptada por Valesco et al. (2014 apud Silva et al., 2018). O objetivo é avaliar os efeitos socioambientais dos resíduos agroflorestais, a partir dos resíduos. Essa metodologia envolve a seleção de indicadores e seus componentes, além da análise de dimensão ambiental e dos impactos sociais, importantes para o desempenho avaliativo do produto final.

Os autores demonstraram, através da utilização das fibras vegetais, que a produção de argamassa e concreto, bem como tijolos, contribui para a reciclagem, eficiência energética, a diminuição de resíduos considerados por alguns como lixo, e a redução na emissão de gases que causam o efeito estufa, gerando um aumento da qualidade de vida (Silva et al. 2018, p.264). A partir da avaliação ambiental, econômica e social que o compósito de fibra de coco tratada, concluem que, além de uma diminuição do impacto ambiental, observam-se vantagens que incluem a geração de empregos e distribuição de renda, o que torna a construção civil mais sustentável.

Resíduos sólidos provenientes de alimentos como o da produção de suco de maçã foram testados na produção de produtos de alto valor agregado, como, por exemplo, enzimas, ácidos e até biocombustíveis (Dhillon et al., 2013; Vásquez et al., 2019). Biomassa lignocelulósica destinadas à utilização como lignina, hemicelulose e celulose, obtidas por tratamentos como micro-ondas, ultrassom, fluido supercrítico, entre outros (Liu et al., 2019). Assim, usando biomassa para produtos de alto-valor com uma abordagem de desperdício zero (Arevalo-Gallegos, 2017).

Além de todos esses exemplos, ainda podemos citar a produção de roupas (Armstrong et al., 2015), embalagem sustentável (Correa, 2008; Galembeck et al., 2009; Cozzolino; Carvalho, 2022; Magnier; Schoormans, 2015), suprimentos sustentáveis para a indústria automobilística (Bhatia; Jakhar, 2021; Lin et al., 2014). Assim, afetando o design de produtos, como eco design, que foca na redução de impactos ambientais negativos causados por produtos e seu ciclo de vida, e eco produtos, que se refere ao design de materiais de fontes recicláveis focando a

eficiência energética e a redução da produção de resíduos (Charter & Tischner, 2017).

Em relação às embalagens sustentáveis, elas são sempre apontadas como um fator importante para a preservação do meio ambiente especialmente devido ao crescente problema dos microplásticos. (Guillard et al., 2018). As embalagens sustentáveis são uma solução promissora para reduzir a poluição causada pelos resíduos plásticos a fim de minimizar os riscos associados ao seu uso.

Quando falamos da indústria automobilística, podemos citar o eco design de componentes orgânicos, os quais são principalmente derivados da biomassa lignocelulósica (Lin et al., 2014). Esses materiais têm um alto potencial para substituir produtos de fontes fósseis, como, por exemplo, plásticos, polímeros, adesivos, tecidos de reforço, entre muitos outros. Alguns produtos já são amplamente usados nas indústrias automobilísticas, como bioplásticos do revestimento interno de portas e espumas à base de lignina (Prasanth et al., 2021).

Diversas pesquisas estão estruturadas em demonstrar os abundantes benefícios dos materiais desenvolvidos com a utilização de biomassas, os quais tem apresentado grandes resultados nas mais diversas áreas de atuação, como a reutilização de resíduos para obtenção de novos materiais com altos valores agregados. No entanto, como iremos apontar ao longo dos próximos tópicos desse artigo, existem as limitações e desafios a serem enfrentados, como as dificuldades econômicas e sociais, as restrições técnicas e as limitações logísticas. Essas limitações incluem os custos elevados, a falta de infraestrutura adequada, entre outros obstáculos.

### 3.1. Metodologias e regulações sobre esses produtos

Em muitos países existe a preocupação com a produção de biomassas, consideradas resíduos, principalmente as oriundas da agricultura e da produção de animais (Barbieri et al. 2013). A destinação desses produtos é de extrema importância, onde cerca de 80% sendo destinados a aterros sanitários e a incineração, que pode liberar gases de efeito estufa (Dhillon et al., 2013).

Um possível destino para a biomassa é a aplicação na produção de novos materiais, visando a redução de impacto ambiental, como é mostrado pelo contexto atual dos bioplásticos. De acordo com Coppola et al. (2021), o mercado de bioplásticos - um termo adotado para diferenciar polímeros originados de fontes renováveis, como a biomassa - corresponde a cerca de 1% do total de 370 milhões

de toneladas de plásticos produzidos no mundo, mas sua taxa de crescimento anual deve flutuar entre 30% até 2025.

Com o crescimento esperado para a demanda de bioplásticos, algumas normas já auxiliam na classificação e definição do que são estes materiais, e algumas têm aplicações a características específicas. Ainda assim, de acordo com Manger, (s.d.), não existem normas específicas na Europa, somente algumas diretrizes são encontradas em algumas legislações. A Tabela 02 mostra algumas normas neste contexto.

Status	Norma – Título Descrição
Revogada, sem substituição	ASTM D7081 - Standard Specification for Non-Floating Biodegradable Plastics in the Marine Environment (Withdrawn 2014) Especificação para degradabilidade marinha, aplicável a polímeros como os PHAs (polyhydroxyalkanoates), por exemplo.
Revogada, substituída pela EN 17228:2019	CEN/TS 16137:2011 - Plastics - Determination of bio-based carbon content Criada com base no método 14C, para determinação do conteúdo bio-baseado em carbono.
Ativa	ASTM 6866 - Standard Test Methods for Determining the Biobased Content of Solid, Liquid, and Gaseous Samples Using Radiocarbon Analysis Criada com base no método 14C, para determinação do conteúdo bio-baseado em carbono.
Ativa	DIN EN 13432 - Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation - Test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging; English version of DIN EN 13432 Especificação sobre compostabilidade.

**Tabela 02:** Normas e certificações aplicáveis a bioplásticos.

**Fonte:** adaptado de Coppola et al (2021), CEN/TS 16137 (s.d.), *Standard Test Methods for Determining the Biobased Content of Solid, Liquid, and Gaseous Samples Using Radiocarbon Analysis* (s.d.), *Standards*, (s.d.).

Wolf et al. (2005) traz várias contribuições para possíveis aplicações de bioplásticos na substituição dos plásticos comuns. Os autores apresentam dados de uma extensão revisão de literatura, buscando uma prospecção do horizonte de estudo até o ano de 2020, com a descrição de vários biopolímeros com características dos materiais e também de sua produção, histórico de desenvolvimento, obstáculos já conhecidos na consolidação, custos gerais e possíveis aplicações. Pode-se destacar este relatório técnico por fornecer um horizonte de aplicações dos materiais de maneira específica, possibilitando a consulta do mesmo como referência de exemplos ilustrativos,

com informações que as normas técnicas geralmente não apresentam.

Lora Grando et al. (2018) apresenta um panorama da legislação brasileira relacionada com a cadeia da biomassa, destacando que:

A principal desvantagem da atual estrutura regulatória para as atividades em bioeconomia é a insegurança jurídica, sendo preciso minimizá-la de modo que a estabilidade regulatória garanta uma constância de regras e o estabelecimento de conceitos não ambíguos, permitindo aos usuários do sistema (academia e empresas) antecipar o impacto e a legalidade de suas decisões, bem como facilitar o entendimento das ações públicas.

Grando et al. (2018, p. 24).

Dentre as legislações brasileiras citadas pelos autores, podemos destacar:

- Lei 10.165/00, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA);
- Lei de Propriedade Industrial (Lei 9.279/96);
- Lei de Cultivares (9.456/1997);
- Lei de Biossegurança (Lei 11.105/05);
- Política de Desenvolvimento da Biotecnologia (2007);
- Política Nacional de Resíduos Sólidos (12.305/2010), e;
- Lei de Acesso a Biodiversidade (13.123/2015);

Além da iniciativa existente da criação de Núcleo de Certificação de Produtos e Processos Limpos junto à Rede e a Escola brasileira de química verde (Grando et al., 2018).

### 3.2. Limitações técnicas

Há uma crescente demanda por utilização de fibras naturais no desenvolvimento de novos materiais como propostas de produtos com baixo impacto ambiental, fibras que em sua maioria são oriundas de resíduos provenientes da produção agrícola, sendo fundamentais para a realização de experimentos e produção de novos materiais compósitos, de produtos reconstituídos. Porém, algumas limitações são associadas à própria natureza do material, o que em alguns casos dificulta a aplicação em produtos cujas situações de uso são específicas, sendo necessários cada vez mais testes para se atingir um bom resultado.

Assim como no Brasil, em países da Europa, por exemplo, Portugal, também é percebido grandes pesquisas no uso de fibras vegetais sendo utilizadas como reforço em compósitos mais ecológicos, assim propagando alternativas mais sustentáveis na aplicação desses novos materiais para fins de design industrial, engenharia e arquitetura.

Castro (2013), ao defender a sua dissertação “Estudos e Caracterização Mecânica de Compósitos Reforçados com Fibras Naturais”, no Programa de Pós-Graduação em Materiais e Tecnologias de Fabrico do Instituto Superior de Engenharia do Porto, apresenta como objetivo de pesquisa, analisar as propriedades mecânicas de laminados de matriz termorrígida e com matriz termoplástica, reforçados com fibras de juta, com a realização de ensaios de tração e flexão.

Neste sentido Castro (2013, p.5) apresenta alguns resultados, onde evidencia as limitações técnicas a este tipo de produção:

- A fraca adesão na interface (principalmente com polímeros termoplásticos);
- Baixa resistência a temperatura;
- Em alguns casos as matrizes não permitem ser recicladas;
- 

As limitações estão associadas também a algumas desvantagens na utilização das fibras naturais como reforço de materiais compósitos, como identificados pelo autor (2013, p.23):

- Geralmente possuem uma resistência mecânica inferior às fibras de vidro;
- Grande dispersão das propriedades, ou seja, uma qualidade não homogênea das fibras, dependente de muitos fatores;
- Em contato com a água, as fibras naturais apresentam: baixa resistência à absorção de água, alta absorção de umidade e baixa estabilidade dimensional;
- Fraca adesão na interface fibra-matriz que contribui também para um decréscimo das propriedades mecânicas;
- Baixa resistência térmica.

Em outra publicação, Real (2016) compartilha no 2º Encontro Nacional sobre Qualidade e Inovação na Construção, realizado em Lisboa, a abordagem “Biocompósitos: Uma alternativa mais sustentável para a construção”. O autor comenta que a indústria da

construção civil é ainda a que mais consome recursos naturais, e com isso, objetiva-se minimizar possíveis impactos ambientais provocados pelo processo de construção. E para dar uma destinação aos possíveis resíduos gerados, foi estudado o reaproveitamento na combinação de materiais menos impactantes para formulação de biocompósitos.

O autor sugere que o desempenho desses materiais reconstituídos reforçados com fibras carece de melhoramento para aplicações futuras para a construção civil. Ao trabalhar com biocompósitos, é percebido nas pesquisas que há vantagens significativas em substituição a materiais de fontes não renováveis e poluidoras, mas também possuem limitações que podem comprometer o desempenho do material. Sob esse aspecto é que Real (2016, pp. 6-7), ao citar Faruk & Sain (2014), identifica como desvantagens dos biocompósitos a sua durabilidade de aplicações em ambientes úmidos e baixa resistência ao fogo, entre outras mais, como:

- A baixa estabilidade térmica, de que resultam dificuldades para encontrar uma técnica de fabrico adequada;
- A fraca resistência à adsorção de umidade, devido à natureza hidrofílica das fibras, o que compromete as propriedades de adesão na zona de ligação interfacial entre as fibras e a matriz;
- A baixa resistência à radiação e consequente degradação fotoquímica quando expostos à radiação UV;
- O baixo ponto de fusão;
- A baixa resistência ao fogo e baixa classificação de reação ao fogo;
- A decomposição em ambientes alcalinos;
- A suscetibilidade de ataque biológico;
- A instabilidade dimensional das fibras, devido às tensões residuais induzidas durante o processamento;
- A elevada variabilidade das propriedades físicas e mecânicas, porque dependem dos materiais, do meio ambiente e da tecnologia de transformação.

O autor então salienta que:

Para aumentar a durabilidade e o desempenho dos materiais biocompósitos, é necessário atuar em várias direções, tal como ao nível dos tratamentos e modificação da superfície das

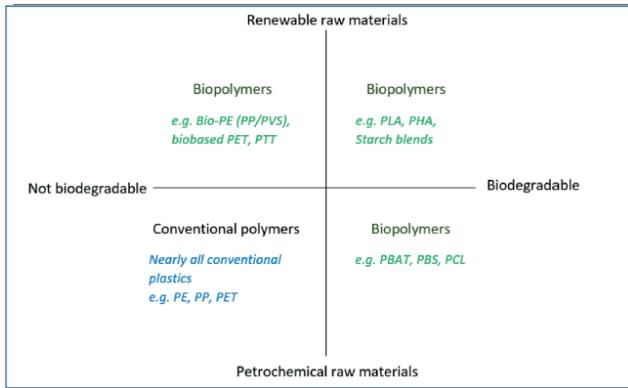
fibras, aditivação de resinas naturais e no revestimento de produtos finais de biocompósitos. (Real, 2016, p.7)

As informações acima demonstram alguns pontos em comum, considerando que o avanço das pesquisas demonstra novas possibilidades, mas não deixando de lado as limitações provenientes de algumas fibras naturais ou mesmo a adição de resina para a formulação de um composto. Limitações existem, mas são elas que incentivam novas pesquisas e a busca por resultados promissores.

Wolf et al. (2005) destaca que, na Europa, foi iniciado o estudo com polímeros biodegradáveis e a introdução dos mesmos no mercado por dois motivos: primeiro, a capacidade dos aterros foi ficando cada vez mais reduzida, e segundo, a imagem pública ruim dos plásticos gerou a necessidade por novos produtos. Os autores explicam que o primeiro ponto aos poucos foi sumindo, com a reciclagem e novas plantas de incineração, enquanto o segundo ponto manteve-se relevante para a demanda de melhor performance ambiental feita pelos consumidores, para a qual os bioplásticos são interessantes, e o progresso tecnológico se mostra mais e mais um direcionador.

Quanto ao fim de vida destes materiais, Coppola et al. (2021) destaca que, teoricamente, todos os plásticos usuais são biodegradáveis, mas têm degradação lenta, e, portanto, são considerados não biodegradáveis. Para os bioplásticos, além de produzirem menos gases de efeito estufa em comparação aos plásticos comuns, a biodegradação deles depende da sua estrutura química e física, e suas opções de fim de vida são: reciclagem, reprocessamento, incineração, compostagem, digestão anaeróbica e aterros, entre as quais a compostagem seria o mais vantajoso. No entanto, a maior parte do mercado de bioplásticos atual é não-biodegradável, mesmo sendo de fontes renováveis naturais, que são neste caso de biomassas sem características biodegradáveis. Segundo o autor, Bio-PE, bio-PET e bio-PA, por exemplo, todos bioplásticos não-biodegradáveis, representam 40% da capacidade produtiva total mundial de bioplásticos, de cerca de 0,8 milhões de toneladas. A figura 1 mostra um diagrama com os diferentes tipos de bioplásticos, com a divisão entre os biodegradáveis.

Outra limitação técnica a ser considerada é o cálculo do impacto ambiental destes materiais, para genuinamente reduzir os impactos. Dessa forma, a técnica da avaliação de ciclo de vida é apresentada como uma ferramenta com este fim, no relatório técnico do Joint Research Centre. De maneira aplicada aos bioplásticos, este relatório fornece o conhecimento inicial, ferramentas práticas, e sugestões



**Figura 01:** Tipos de bioplásticos.  
**Fonte:** Coppola *et al* (2021).

de como abordar desafios durante a condução da avaliação, além de exemplos de estudo de caso (European Commission. Joint Research Centre., 2022).

### 3.3. Limitações logísticas

Em um primeiro momento, para melhor compreensão, é importante definir logística a fim de entender suas limitações e dificuldades com a biomassa, seja o fato de possuir pouca disponibilidade de materiais, a maneira como é transportado entre outras. Neste sentido, Gomes & Ribeiro entendem que a “logística é o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, a movimentação e o armazenamento de materiais, peças e produtos acabados” (2004, p.8).

Rosa (2011) amplia o entendimento e definição, ao dizer que:

Logística é definida como a colocação do produto certo, na quantidade certa, no lugar certo, no prazo certo, com a qualidade certa, com a documentação certa, ao custo certo, sendo produzido ao menor custo, da melhor forma, e deslocado mais rapidamente, agregando valor ao produto e dando resultados positivos aos acionistas e aos clientes. Tudo isso respeitando a integridade humana de empregados, de fornecedores e de clientes e a preservação do meio ambiente.  
 (ROSA, 2011, p. 16).

Dessa forma, entende-se que toda a movimentação e transporte de biomassa tem que ser estratégica, calculada para minimizar os erros e se concentrar nos acertos. Porém, há limitações logísticas relacionadas a biomassas e este tópico busca abordar o que há na literatura.

Ao adentrar nas possíveis limitações, Baesso (2020) desenvolve um estudo onde o objetivo é prospectar o

comportamento futuro do uso da biomassa florestal para finalidades energéticas no Brasil, a autora demonstra que há fatores limitantes para a geração de energia a partir de biomassa florestal, obteve como respostas as entrevistas feitas, os dados abaixo.

Com 41 respostas, os entrevistados acreditam que há uma carência de investimentos/incentivos públicos à pesquisa e à produção. Posteriormente, o que chama a nossa

Fatores limitantes	n	%
Carência de investimentos/incentivos públicos à produção	41	29,5
Alto custo de produção de biomassa atrelado ao baixo retorno econômico	23	16,5
Infraestrutura logística de escoamento de produção e integração da cadeia produtiva	21	15,1
Limitações de produção (tempo, área, tecnologia, oscilações de produtividade)	17	12,2
Desconhecimento sobre as potencialidades do uso de biomassa florestal	12	8,6
Concorrência com outras fontes de energia (renováveis e não-renováveis)	8	5,8
Dificuldades tecnológicas relacionadas ao uso da biomassa florestal	7	5,0
Baixa demanda da indústria para consumo da energia	5	3,6
Outros	2	1,4
Não souberam responder	3	2,2

**Tabela 03:** Fatores limitantes da biomassa para finalidades energéticas.  
**Fonte:** Baesso (2020, p.80).

atenção dentre os fatores limitantes, foram a infraestrutura logística de escoamento de produção e integração da cadeia produtiva, com 21 respostas, e as limitações de produção (tempo, área, tecnologia, oscilações de produtividade), com 17 respostas.

Para Marconcini que desenvolveu o projeto

“Compósitos de polipropileno com altos teores de fibras de bagaço-de-cana” de 2018 a 2020, publicado no portal EMBRAPA, comenta a geração de resíduos no processo agroindustrial e o seu potencial para novos materiais, principalmente a aplicação na indústria automobilística e de construção civil. O autor salienta que “[...] atualmente em aplicações comerciais de compósitos, a quantidade de fibras é geralmente limitada [...]” e que “métodos convencionais de extrusão de compósitos não são possíveis de se utilizar para alto teores de fibras, necessitando-se de misturadores mais eficientes [...]”. O que reforça os aspectos de limitações logísticas no relacionamento comercial com a biomassa.

### 3.4. Dificuldades econômicas e sociais e limitações em viabilidade financeira

O objetivo principal é buscar a utilização mais eficiente de recursos, buscando meios sustentáveis para o reaproveitamento envolvendo o ciclo de vida do produto, desde a concepção até a disposição final. Sendo o material que era considerado resíduo passa a ser a matéria-prima para novos produtos (Oliveira et al., 2019). Isso reduz a necessidade de novos recursos e emprega materiais que seriam normalmente considerados passivos ambientais (Azevedo, 2015).

Segundo Dias (2007), políticas de mercado focadas no desenvolvimento sustentável e preservação do meio ambiente são essenciais, além de somente pensar na gestão dos resíduos. Com isso, técnicas de marketing ambiental ou eco marketing são estratégicas para influenciar as escolhas dos consumidores e a impulsionar a conscientização ambiental (Mendonza, 2020).

A questão econômica pode ser relacionada as políticas de incentivo citadas, mas um passo importante pode ser a identificação dos contextos nos quais elas são necessárias. No caso dos bioplásticos, são destacados por Coppola et al. (2021), por exemplo, variações relevantes nos preços na utilização dos PHAs para embalagens de alimentos, aonde a opção mais barata seria a injeção de espumas moldadas, reduzindo a aplicação do material. Wolf et al. (2005) destaca que, para o caso deste material, 40% a 50% dos custos de produção se devem ao custo da matéria-prima, e que existem algumas estratégias para redução destes custos, como o uso de bactérias *E. coli* recombinantes na produção, possibilitando que os custos sejam 4 vezes menores, em casos analisados pelos autores na literatura.

Existem diversos estudos que englobam os desafios

econômicos associados as limitações em viabilidade financeira do uso de biomassa para produtos reconstituídos. Segundo Moraes et al. (2017), os custos de produção mais elevados são uma das principais barreiras para a utilização desses produtos como a necessidade de investimentos em tecnologias de conversão e processamento, além da exigência de se estabelecer uma cadeia de suprimentos eficiente, a qual pode contribuir para o aumento dos custos envolvidos no desenvolvimento desses produtos.

Uma das maiores barreiras é a competição com materiais e produtos convencionais, que, em geral, são mais baratos, afetando a viabilidade financeira dos produtos de fontes alternativas. Andrew e Dhakal (2022) aponta que plásticos e polímeros petroquímicos, que são considerados materiais tradicionais são mais acessíveis em termos de custo de produção, com a sua presença no mercado estabelecida. Segundo Donner et al. (2020), uma inovação tecnológica sozinha não garante automaticamente o sucesso econômico. É difícil convencer uma empresa consolidada a apostar em modelos de negócios inovadores. Então, para serem considerados viáveis e competitivos, os modelos alternativos de negócios devem focar em responder a necessidades específicas de certos consumidores, assim não entrando em conflito com o mercado de modelos clássicos.

Uma opção para ultrapassar essas limitações é a busca por estratégias de financiamento e incentivos privados ou governamentais. De acordo com Gonçalves et al. (2017), são essenciais parcerias entre setores público e privado para impulsionar a inovação dessas pesquisas e como resultado, reduzir os custos de produção. Além disso, como já mencionado anteriormente, existe a necessidade de promover políticas de sustentabilidade para que benefícios ambientais da utilização de produtos reconstituídos de biomassa sejam incentivados, assim como o seu consumo.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa revisão bibliográfica aponta a necessidade de investimentos em pesquisa, desenvolvimento de tecnologias e parcerias estratégicas para impulsionar o uso da biomassa de forma sustentável.

A superação das limitações em viabilidade financeira do uso de biomassa para produtos reconstituídos requer uma abordagem abrangente, envolvendo tanto aspectos econômicos quanto políticos. A busca por soluções que equilibrem os benefícios ambientais com a viabilidade

financeira é fundamental para promover a adoção generalizada desses produtos e impulsionar a transição para uma economia mais sustentável.

## REFERÊNCIAS

**ASTM 6866.** Disponível em: <<https://www.astm.org/d6866-22.html>>. Acesso em: 15 maio. 2023.

**ASTM D7081.** Disponível em: <<https://www.astm.org/d7081-05.html>>. Acesso em: 15 maio. 2023.

Andrew, J. J., & Dhakal, H. N. (2022). Sustainable bio-based composites for advanced applications: recent trends and future opportunities – A critical review. **Composites Part C: Open Access**, 7, 100220. <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2021.100220>

Araújo, I. I. de. (2015). **Caracterização físico-mecânica de painéis de partículas de bambu com adição de casca de café [Dissertação]**. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA.

Archangelo, A. (2016). **Painéis de bambu com casca de arroz e adesivo de mamona [Dissertação]**. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Arevalo-Gallegos, A., Ahmad, Z., Asgher, M., Parra-Saldivar, R., & Iqbal, H. M. N. (2017). Lignocellulose: A sustainable material to produce value-added products with a zero waste approach—A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, 99, 308–318. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.02.097>

Armstrong, C. M., Niinimäki, K., Kujala, S., Karell, E., & Lang, C. (2015). Sustainable product-service systems for clothing: exploring consumer perceptions of consumption alternatives in Finland. **Journal of Cleaner Production**, 97, 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.046>

Ashik, K. P., & Sharma, R. S. (2015). A Review on Mechanical Properties of Natural Fiber Reinforced Hybrid Polymer Composites. **Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering**, 03(05), 420–426. <https://doi.org/10.4236/jmmce.2015.35044>

Azambuja, M. D. A., & Kawakami, C. A. F. (2015). PAINÉIS EM BAMBU PARA HABITAÇÃO SOCIAL. **Revista**

**Nacional de Gerenciamento de Cidades**, 3(20). <https://doi.org/10.17271/2318847232020151063>

Azevedo, J. L. de. (2015, agosto). A ECONOMIA CIRCULAR APLICADA NO BRASIL: UMA ANÁLISE A PARTIR DOS INSTRUMENTOS LEGAIS EXISTENTES PARA A LOGÍSTICA REVERSA. **Congresso Nacional de Excelência em Gestão**.

Baesso, T. N., Simioni, F. J., Buschinelli, C. C. de A., & Moreira, J. M. M. Á. P. (2021). **Prospecção do Uso da Biomassa Florestal para Finalidades Energéticas no Brasil**. Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.366211202>

Barbieri, L., Andreola, F., Lancellotti, I., & Taurino, R. (2013). Management of agricultural biomass wastes: Preliminary study on characterization and valorisation in clay matrix bricks. **Waste Management**, 33(11), 2307–2315. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.03.014>

Barrero, N. M. G. (2016). **Estudo da durabilidade de painéis de partículas de bagaço de cana de açúcar e resina poliuretana a base de óleo de mamona para aplicação na construção civil [Universidade de São Paulo]**. <https://doi.org/10.11606/T.74.2016.tde-16032016-161005>

Barrero, N. M. G., Fiorelli, J., Rossignolo, J. A., & Savastano Junior, H. (2016). Avaliação de metodologias de envelhecimento em painéis de partículas de bagaço de cana-de-açúcar para aplicação em sistemas construtivos. Em Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: **Materiais e Sustentabilidade** (p. 177–222). Editora Scienza. <https://doi.org/10.5935/978-85-5953-005-6.2016C007>

Bertolini, M. da S. (2011). **Emprego de resíduos de Pinus sp tratado com preservante CCB na produção de chapas de partículas homogêneas utilizando resina poliuretana à base de mamona [Universidade de São Paulo]**. <https://doi.org/10.11606/D.88.2011.tde-26042011-121731>

Bhatia, M. S., & Jakhar, S. K. (2021). The effect of environmental regulations, top management commitment, and organizational learning on green product innovation: Evidence from automobile industry.

**Business Strategy and the Environment**, 30(8), 3907–3918. <https://doi.org/10.1002/bse.2848>

Brito, F. M. S. (2018). **Produção e avaliação da qualidade de painéis aglomerados constituídos por partículas de bagaço de cana-de-açúcar e bambu** [Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/T.11.2018.tde-03052018-132019>

CASTRO, B. F. M. (2013). Estudo e caracterização mecânica de compósitos reforçados com fibras naturais. [Dissertação]. **Instituto Superior de Engenharia do Porto**.

CEN/TS 16137:2011 - **Plastics - Determination of bio-based carbon content**. Disponível em: <<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/f949c2a-4-1615-44b2-94d5-8cc40478e330/cen-ts-16137-2011>>. Acesso em: 15 maio. 2023.

Charter, M., & Tischner, U. (2017). **Sustainable Solutions: Developing Products and Services for the Future**. Greenleaf Publishing Limited.

Coppola, G., Gaudio, M. T., Lopresto, C. G., Calabro, V., Curcio, S., & Chakraborty, S. (2021). Bioplastic from Renewable Biomass: A Facile Solution for a Greener Environment. **Earth Systems and Environment**, 5(2), 231–251. <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00208-7>

Correa, C. A. (2008). Bionanocompósitos e novas tendências em engenharia de biomassa. **Polímeros**, 18(1), E13–E14. <https://doi.org/10.1590/S0104-14282008000100004>

Cozzolino, G. F. C., & Fontes, L. de C. (2022). Embalagens Sustentáveis a partir de Polímeros Biodegradáveis e suas Aplicações no Mercado [Trabalho de Conclusão de Curso]. UNIFESP.

Dhillon, G. S., Kaur, S., & Brar, S. K. (2013). Perspective of apple processing wastes as low-cost substrates for bioproduction of high value products: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 27, 789–805. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.06.046>

Dias, R. (2007). **Marketing ambiental: ética, responsabilidade social e competitividade nos negócios** (1o ed, Vol. 1). Atlas.

Donner, M., Gohier, R., & de Vries, H. (2020). A new circular business model typology for creating value from agro-waste. **Science of The Total Environment**, 716, 137065. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137065>

Dungani, R., Karina, M., S., Sulaeman, A., Hermawan, D., & Hadiyane, A. (2015). Agricultural Waste Fibers Towards Sustainability and Advanced Utilization: A Review. **Asian Journal of Plant Sciences**, 15(1–2), 42–55. <https://doi.org/10.3923/ajps.2016.42.55>

EMBRAPA. **Compósitos de polipropileno com altos teores de fibras de cana-de-açúcar**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/213697/compositos-de-polipropileno-com-altos-teores-de-fibras-de-bagaco-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 18 mai 2023.

EN 17228:2019 - Plastics - Bio-based polymers, plastics, and plastics products - **Terminology, characteristics and communication**. Disponível em: <<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/031c79f0-878e-4295-aae9-1e08ef01ac49/en-17228-2019>>. Acesso em: 15 maio. 2023.

EUROPEAN COMMISSION. JOINT RESEARCH CENTRE. **Prospective LCA methodology for novel and emerging technologies for bio-based products: the Planet Bio project**. LU: Publications Office, 2022.

Figueiredo, H. C. N. (2020). **Obtenção e caracterização de compósitos biodegradáveis a partir de resíduos agroenergéticos** [Dissertação]. Universidade Federal do Tocantins.

Galembeck, F., Barbosa, C. A. S., & Sousa, R. A. de. (2009). Aproveitamento sustentável de biomassa e de recursos naturais na inovação química. **Química Nova**, 32(3), 571–581. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300003>

Gifford, R., Scannell, L., Kormos, C., Smolova, L., Biel, A., Boncu, S., Corral, V., Güntherf, H., Hanyu, K., Hine, D., Kaiser, F. G., Korpela, K., Lima, L. M., Mertig, A. G., Mira, R. G., Moser, G., Passafaro, P., Pinheiro, J. Q., Saini, S., ... Uzzell, D. (2009). Temporal pessimism and spatial optimism in environmental assessments: An 18-nation study. **Journal of Environmental Psychology**, 29(1),

1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2008.06.001>

Gil, A. C. (2008). **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social** (6o ed). Atlas S. A.

GONÇALVES, F. A. de C., AMARAL, E. L. S., LOPES JUNIOR, J. L., LOPES, B. L. S., RIBEIRO JUNIOR, L. da S., BRABO, D. R., & AMARANTE, C. B. do. (2017). Fibras Vegetais: Aspectos Gerais, Aproveitamento, Inovação Tecnológica e uso em Compósitos. **Revista Espacios**, 39(6).

Grando Lora. (2018). **Meio ambiente e Bioeconomia: Cadeia da biomassa, oportunidades de novos negócios através do desenvolvimento das ciências portadoras de futuro no estado do Rio de Janeiro**. SEBRAE.

Guillard, V., Gaucel, S., Fornaciari, C., Angellier-Coussy, H., Buche, P., & Gontard, N. (2018). The Next Generation of Sustainable Food Packaging to Preserve Our Environment in a Circular Economy Context. **Frontiers in Nutrition**, 5. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00121>

Jagadeesh, P., Puttegowda, M., Boonyasopon, P., Rangappa, S. M., Khan, A., & Siengchin, S. (2022). Recent developments and challenges in natural fiber composites: A review. **Polymer Composites**, 43(5), 2545–2561. <https://doi.org/10.1002/pc.26619>

Khatibi, F. S., Dedekorkut-Howes, A., Howes, M., & Torabi, E. (2021). Can public awareness, knowledge and engagement improve climate change adaptation policies? **Discover Sustainability**, 2(1), 18. <https://doi.org/10.1007/s43621-021-00024-z>

Lin, R.-J., Chen, R.-H., & Huang, F.-H. (2014). Green innovation in the automobile industry. **Industrial Management & Data Systems**, 114(6), 886–903. <https://doi.org/10.1108/IMDS-11-2013-0482>

Liu, Y., Nie, Y., Lu, X., Zhang, X., He, H., Pan, F., Zhou, L., Liu, X., Ji, X., & Zhang, S. (2019). Cascade utilization of lignocellulosic biomass to high-value products. **Green Chemistry**, 21(13), 3499–3535. <https://doi.org/10.1039/C9GC00473D>

Magnier, L., & Schoormans, J. (2015). Consumer reactions to sustainable packaging: The interplay of visual appearance, verbal claim and environmental concern.

**Journal of Environmental Psychology**, 44, 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.09.005>

Manger, C. EU policy framework on bioplastics. **European Bioplastics e.V.**, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.european-bioplastics.org/policy/eu-policy-framework-on-bioplastics/>>.

Melo, R. R. de, Stangerlin, D. M., Sousa, A. P. de, Cademartori, P. H. G. de, & Schneid, E. (2015). Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados madeira-bambu. **Ciência Rural**, 45(1), 35–42. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20120970>

Mendoza, Z. M. dos S. H., Borges, P. H. de M., Morais, P. H. de M., & Santos, R. R. V. L. (2020). Resíduos madeireiros gerados pelo processamento mecânico em municípios de Mato Grosso. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, 3(2), 616–628. <https://doi.org/10.34188/bjaerv3n2-018>

Miskalo, E. P. (2009). **Avaliação do potencial de utilização de bambu (*Dendrocalamus giganteus*) na produção de painéis de partículas orientadas** [Dissertação]. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Moraes, S. L. de, Peres Massola, C., Maziero Maziero Saccoccio, E., Pereira da Silva, D., & Basile Tukoff Guimarães, Y. (2017). Cenário brasileiro da geração e uso de biomassa adensada. **Revista IPT Tecnologia e Inovação**, 1(4). <https://doi.org/10.34033/2526-5830-v1n4-5>

NASSER, S. M. (2016). **PAINÉIS DE PARTÍCULAS DE BAMBU E CASCA DE AMENDOIM COM ADESIVO À BASE DE MAMONA** [Dissertação]. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Nogueira, C. de L. (2008). **Painel de bambu laminado colado estrutural** [Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/D.11.2008.tde-30052008-143617>

Oliveira, A. C. V., Silva, A. de S., & Moreira, Í. T. A. (2019). ECONOMIA CIRCULAR: CONCEITOS E CONTRIBUIÇÕES NA GESTÃO DE RESÍDUOS URBANOS. **RDE - Revista de Desenvolvimento Econômico**, 3(44), 273–289. <https://doi.org/10.36810/rde.v3i44.6386>

OLIVEIRA, J. C. DE. (2021). **DESEMPENHO DE FILTROS**

**ORGANICOS NO TRATAMENTO PRIMÁRIO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DO BENEFICIAMENTO DO FRUTO DO AÇAÍ** [Trabalho de conclusão de curso]. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA .

Pozzer, T. F. (2019). **Painel sanduíche com núcleo corugado de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e resina PU-mamona** [Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/D.74.2019.tde-29042019-101441>

Prasanth, S. M., Kumar, P. S., Harish, S., Rishikesh, M., Nanda, S., & Vo, D.-V. N. (2021). Application of biomass derived products in mid-size automotive industries: A review. *Chemosphere*, 280, 130723. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130723>

Real, L. P. (2016, novembro). Biocompósitos. Uma alternativa sustentável para a construção. **2 Encontro Nacional sobre Qualidade e Inovação na Construção**.

Ribaski, N. G., & Belini, U. L. (2020). Urban wood solid waste use / Aproveitamento de resíduos sólidos urbano madeireiro. *Brazilian Journal of Technology*, 2(3), 742–757.

Rosa, Rodrigo de Alvarenga. **Gestão de operações e logística I**. Florianópolis: UFSC; [Brasília]: CAPES: UAB, 2011.

Sá, V. A. de, Bufalino, L., Albino, V. C. S., Corrêa, A. A., Mendes, L. M., & Almeida, N. A. (2012). Mistura de três espécies de reflorestamento na produção de painéis cimento-madeira. *Revista Árvore*, 36(3), 549–557. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000300017>

Sanjay, M. R., Madhu, P., Jawaid, M., Sentharamaikkannan, P., Senthil, S., & Pradeep, S. (2018). Characterization and properties of natural fiber polymer composites: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 172, 566–581. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.101>

Sartori, D. de L. (2012). **Painel portante estrutural com chapa de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e resina de mamona para centro de manejo bovino** [Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/D.74.2012.tde-25092012-083907>

Silva, C. A. da, Silva, A. A. da, Freitas, B. de O., Cruz, N. R. Da, Bortolozzo, F. G., Rezende, L. C. S. H., & Bergamasco, R. (2015). Estudo da Incorporação de

Lodo de ETA em Painéis de Madeira Aglomerada. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, 7307–7313. <https://doi.org/10.5151/chemeng-cobeq2014-0581-24845-157436>

Silva, E. J. da, Velasco, F. de la C. G., Luzardo, F. H. M., Maranduba, H. L., & Marques, M. L. (2018). Avaliação ambiental, econômica e social de um novo compósito cimentício produzido com elevado teor fibra de coco tratada. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 9(4), 253–267. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.004.0021>

Souza, M. J. C. de. (2020). **Uso da casca de coco para produção de painéis reconstituídos** [Dissertação]. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

STANDARDS, E. DIN EN 13432. Disponível em: <<https://www.en-standard.eu/din-en-13432-requirements-for-packaging-recoverable-through-composting-and-biodegradation-test-scheme-and-evaluation-criteria-for-the-final-acceptance-of-packaging-english-version-of-din-en-13432/>>.

SUGAHARA, E. S. (2018). **PAINÉIS AGLOMERADOS PRODUZIDOS COM PARTÍCULAS DE EUCALIPTO E BAGAÇO DE CANA, COM ADESIVOS UREIA FORMALDEÍDO E POLIURETANO À BASE DE MAMONA** [Dissertação]. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Trianoski, R., Iwakiri, S., & Bonduelle, G. M. (2020). Qualidade das juntas coladas de madeira de cinco espécies de Eucalyptus com adesivos acetato de polivinila e resorcina-formaldeído. *Madera y Bosques*, 26(3). <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2632064>

Vásquez, Z. S., de Carvalho Neto, D. P., Pereira, G. V. M., Vandenberghe, L. P. S., de Oliveira, P. Z., Tiburcio, P. B., Rogez, H. L. G., Góes Neto, A., & Soccol, C. R. (2019). Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Management*, 90, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.030>

Wahrlich, J., Alvarenga, R. A. F. de, Henkes, J. A., Rossato, I. D. F., & Simioni, F. J. (2020). AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DO CICLO DE VIDA: UMA REVISÃO. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 9(2), 183. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e22020183-201>

Wolf, O. (2005). **Techno-economic feasibility of large-scale production of bio-based polymers in Europe**. European Commission.

## AGRADECIMENTOS

Expressamos nossa gratidão pelos recursos concedidos pela Fundação de amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que nos proporcionou a oportunidade de participar da disciplina de Biomassa para Produtos Reconstituídos do curso de doutorado PPGSAU.

## AUTORES

ORCID: 0000-0002-5493-2896

**MARIANA MENONCIN, Engenheira Ambiental.** | UTFPR | Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Ambiental Urbana | Curitiba, Paraná (PR) - Brasil | Correspondência para: Av. Sete de Setembro, 3165 - Rebouças CEP 80230-901 - Curitiba - PR | E-mail: marianamenoncin@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0707-3133

**IGOR CÉSAR ROSA SILVA, Doutorando.** | UERJ/ESDI | Programa de Pós-Graduação em Design | Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ) - Brasil | Correspondência para: Rua do Passeio, 80 - Lapa, Rio de Janeiro - RJ, 20031-040 | E-mail: igorcesar.rossilva@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2229-4241

**FERNANDA RAMOS ASSOLARI, Engenheira Mecânica.** | UTFPR | Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica | Curitiba, Paraná (PR) - Brasil | Correspondência para: R. Leonardo Guembaroski, 184 - Sítio Cercado, Curitiba - PR, 88132-000 | E-mail: fernandarassolari@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5025-8582

**UGO LEANDRO BELINI, Professor Depto Desenho Industrial** | UTFPR | Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade Ambiental Urbana | Curitiba, Paraná (PR) - Brasil | Correspondência para: Av. Sete de Setembro, 3165 - Rebouças CEP 80230-901 - Curitiba - PR | E-mail: ubelini@utfpr.edu.br

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

MENONCIN, Mariana; SILVA, Igor César Rosa; ASSOLARI, Fernanda Ramos; BELINI, Ugo Leandro. MIX Sustentável, v. 9, n. 5, p. xx-xx, 2023. ISSN 2447-3073.

Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: \_/\_/\_doi: <<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2023.v9.n5.xx-xx>>.

**SUBMETIDO EM:** 25/06/2023

**ACEITO EM:** 15/09/2023

**PUBLICADO EM:** 31/10/2023

**EDITORES RESPONSÁVEIS:** Aguinaldo dos Santos e Lisiane Ilha Librelotto

## Registro da contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org/>)

MM: conceituação, análise formal, investigação, metodologia, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

ICRS: conceituação, análise formal, investigação, metodologia, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

FRA: conceituação, análise formal, investigação, metodologia, visualização, escrita - rascunho original, escrita - revisão & edição.

ULB: Supervisão, validação, escrita - revisão & edição.

**Declaração de conflito:** nada foi declarado.