

Material compósito reforçado com bagaço da cana-de-açúcar na criação de ecojoias

Sugarcane bagasse reinforced composite material in the creation of eco-friendly jewellery

Jefferson Mendes de Souza ¹

Helena Alencar Farias ²

Simone Ferreira de Albuquerque ³

¹ Doutorado em Engenharia Têxtil, Professor, Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina, PI, Brasil
E-mail: jefferson@ufpi.edu.br

² Graduação em Moda, Design e Estilismo, Teresina, PI, Brasil
E-mail: alencarhf@gmail.com

³ Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Professora, Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina, PI, Brasil
E-mail: simonefalbuquerque@ufpi.edu.br

doi:10.18472/SustDeb.v15n2.2024.54464

Received: 25/06/2024
Accepted: 22/08/2024

ARTICLE-VARIA

RESUMO

Atualmente muito se discute sobre os impactos ambientais da indústria da moda. O designer, como agente transformador nesse processo, tem a responsabilidade de incorporar a sustentabilidade aos seus métodos de produção e produtos de forma a minimizar tais impactos. É no contexto da sustentabilidade que surge o MDF (*Medium Density Fiberboard*), painéis ecológicos de baixo custo e com diferentes aplicações, inclusive para a aplicação em acessórios de moda. O MDF, porém, é responsável por liberações de formol na atmosfera, causando riscos à vida no planeta. Dessa forma, esta pesquisa tem por objetivo desenvolver um compósito para substituir o MDF e, com esse intuito, fez-se uso do bagaço da cana-de-açúcar para aplicação no desenvolvimento de ecojoias. Metodologicamente desenvolveu-se uma pesquisa bibliográfica seguida de uma pesquisa experimental com abordagem hipotético-dedutiva. Ademais, foram realizados ensaios laboratoriais, como testes de absorção por imersão de líquidos, de inchamento em espessura e de impacto. Por fim, os resultados foram analisados, o que comprovou a viabilidade desse material na produção de ecojoias

Palavras-chav: Sustentabilidade. Cana-de-açúcar. MDF. Compósito. Ecojoias.

ABSTRACT

There is currently a lot of discussion about the environmental impacts of the fashion industry. The designer, as a transformative agent in this process, has the responsibility to incorporate sustainable production methods and products to minimise such impacts. It is in the context of sustainability that

has emerged MDF (Medium Density Fiberboard), low-cost ecological panels with different applications, including usage in fashion accessories. However, MDF is responsible for releasing formaldehyde into the atmosphere, causing risks to life on the planet. Therefore, this research aims at the development of composite material to replace it, so we used sugarcane bagasse in the fabrication of eco-friendly jewellery. Methodologically, bibliographical research was conducted, followed by hypothetical-deductive experimental research. Furthermore, laboratory tests were carried out, such as absorption tests by immersion of liquids, swelling in thickness and impact. Finally, the results were analysed, proving sugarcane bagasse's viability in producing eco-friendly jewellery.

Keywords: Sustainability. Sugar cane. MDF. Composite. Eco jewelry.

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade na indústria da moda é um dos temas foco de discussões na contemporaneidade por ser uma das indústrias mais relevantes economicamente e que está repleta de problemas que envolvem o meio ambiente. Mesmo com essas questões, o pensamento capitalista ainda prevalece, sendo necessário, então, que se trabalhe o consumo sustentável no modelo econômico atual. Para tanto, designers e empresários devem desenvolver produtos que possam ter uma vida útil mais longa (Goworek *et al.*, 2018) e, além disso, deve haver o estímulo a padrões de consumo sustentáveis, que pode ocorrer através da conscientização de uma população movida pelo consumo e descarte fácil (Tunn *et al.*, 2019) e da recuperação e reutilização de materiais e de componentes no final de sua vida (Islan; Bhat, 2019).

O *Medium Density Fiberboard* (MDF) tornou-se um material muito utilizado na indústria moveleira, mas tem indicações diversas, entre elas a produção de acessórios de moda, já que é um material versátil, de baixo custo e ecologicamente correto produzido com madeira reflorestada. Entretanto, Misucochi *et al.* (2022) informam que seu descarte é um problema, visto que ou não tem destinação correta ou é utilizado como insumo para queima, podendo liberar gases nocivos, como o formaldeído, gás presente em sua composição que, em grandes concentrações, representa riscos para a vida no planeta.

Diante do exposto, este trabalho tem o objetivo de desenvolver um material compósito sustentável feito com o bagaço da cana-de-açúcar (reaproveitamento), utilizado como matéria-prima e aplicado no desenvolvimento de ecojoias, substituindo o MDF. Deve ser um material mais sustentável que o MDF e reforçado quanto às suas características químicas e físicas.

Para que os objetivos deste trabalho fossem alcançados, utilizou-se de uma metodologia de pesquisa experimental com uma abordagem hipotético-dedutiva, que foi dividida em três fases. O trabalho finaliza com as considerações finais com base no processo de pesquisa, nos testes e no desenvolvimento da coleção de ecojoias.

2 ECOJOIAS

O cenário de crise ambiental que caracteriza o século XXI propiciou o surgimento de diversos eventos para discussão ambiental e, desde 1987, momento em que a Comissão Brundtland da Organização das Nações Unidas (ONU) definiu o conceito de desenvolvimento sustentável, a sustentabilidade foi difundida clamando ao mercado, ao governo e à sociedade que respeitassem o meio ambiente e a vida das gerações futuras por meio da redução do impacto sobre o ambiente natural e/ou através do aumento do impacto benéfico sobre comunidades locais e sobre a sociedade de maneira geral (Kemper; Ballantine, 2019).

Dentro desse quadro ambiental atual, destaque se deve dar à indústria da moda, visto que caracteriza-se no cenário global como uma das indústrias mais poluentes do mundo pelo modelo de produção adotado, uma produção rápida e volumosa de produtos que se tornam obsoletos em um curto espaço de tempo, indo contra o desenvolvimento sustentável e agravando-se ainda mais por hoje ter seu consumo direcionado não só aos bens materiais, mas, também, e, principalmente, aos imateriais, em forma de experiências (Albuquerque, 2022).

Trata-se de uma indústria que precisa continuar crescendo por ser um dos ramos que mais movimenta a economia, pois gera emprego e renda. Não se trata da redução da produção ou do consumo, mas de uma produção responsável com um estudo criterioso dos processos e do reaproveitamento dos resíduos produzidos. Surge, então, um movimento contrário ao modelo atual do *fast fashion*, o *slow fashion*, que atua em escalas menores, desenvolvendo uma relação entre designer e consumidor e consumidor, produto e meio ambiente.

O conceito *slow*, segundo Macena, Marques e Broega (2018), está associado a peças atemporais e duráveis cuja qualidade e exclusividade são atingidas pelo uso de matérias-primas e acabamentos diferenciados e que, além disso, apresentam uma produção local com foco nos benefícios ambientais e socioculturais que proporcionam novos modelos de negócios e novas oportunidades.

O designer, nesse contexto, deve direcionar sua criação a produtos que, além de estéticos e funcionais, incorporem os princípios sustentáveis provenientes de matérias renováveis, de processos recicláveis e de reuso ou, até mesmo, que sejam fruto de trabalhos sociais. Dessa forma, ele consegue transmitir a mentalidade de mudança para os consumidores, transformando o ciclo de moda em um ciclo sustentável. Logo, este é o grande questionamento atual: como aliar o desenvolvimento sustentável ao crescimento econômico industrial para a criação de uma melhor qualidade de vida para as gerações atuais e futuras.

É esperado que os profissionais da moda pensem de forma cíclica e criativa e se adaptem às necessidades do mundo pós-moderno. Trata-se de um profissional com responsabilidade sociocultural (Saltoratto *et al.*, 2019) que seja capaz de trabalhar com a matéria-prima de fontes renováveis; com materiais que precisam de níveis reduzidos de insumos (água, energia e substâncias químicas), bem como com aqueles que geram menos desperdício, como fibras recicláveis e biodegradáveis; e, por último, deve promover condições justas de trabalho.

Os questionamentos sobre sustentabilidade e a escolha pelos produtos ecologicamente corretos determinam o mercado e a forma de produção. Ademais, o ciclo de vida deles no pós-compra também é um assunto muito abordado, o que torna necessária uma discussão sobre a produção excessiva de resíduos e seu descarte, trabalhando com o conceito *cradle to cradle*, que consiste em fazer com que o resíduo gere um novo produto.

Entre os produtos de moda tem-se o nicho de acessórios, no qual se destacam as ecojoias. A joia está presente desde os primórdios da humanidade, carregando não só valor estético, mas também valores esotéricos, sendo utilizada como amuleto, símbolo de religiosidade e como proteção, além de representação de riqueza material (Gola, 2021). Outrossim, também na contemporaneidade, a joalheria destaca-se como um forte setor.

Assim, alternativas devem ser criadas para o uso de materiais diversos e mais sustentáveis com o intuito de se obter produtos ecologicamente menos prejudiciais ao ecossistema, promovendo, dessa forma, o equilíbrio entre produção, consumo, sociedade e meio ambiente. No modelo ideal de economia circular, os materiais devem ser devolvidos ao ciclo produtivo mediante a reutilização, redução e reciclagem, direcionando a consciência e promovendo atitudes ecológicas.

Desse modo, a joalheria contemporânea surge como ambiente para criação livre e experimentação, em que a utilização de materiais não convencionais é responsável por atribuir estética, exclusividade e inovação, contribuindo para a valorização econômica da peça.

3 MATERIAIS COMPÓSITOS E MDF

Conforme a ASTM D3878 (2024), compósitos são materiais constituídos de pelo menos dois componentes de naturezas diferentes e são divididos em fase contínua, chamada de matriz (constituída por metal, cerâmica ou polímero), e em fase dispersa, denominada também de reforço, já que corresponde ao material que atua como agente de reforço (partículas, fibras ou bainhas), o qual pode ter natureza orgânica ou inorgânica.

Silva e Oliveira (2021) destacam que a correlação entre ecocompósitos e o desenvolvimento de novos produtos tem se fortalecido progressivamente à medida que novas pesquisas são realizadas, destacando não apenas a crescente conscientização ambiental, mas também a eficácia e a viabilidade desses materiais na inovação de produtos em diversos setores.

Observa-se, ainda, um aumento significativo no interesse por materiais renováveis e subprodutos para que haja redução da dependência de recursos derivados do petróleo, como destacado por Lopez *et al.* (2020). Nesse contexto, Zaaba e Ismail (2019) salientam que esse interesse tem surgido nos últimos anos e que possui o objetivo de melhorar as propriedades mecânicas em uma perspectiva ambiental, notadamente a partir da utilização de resíduos orgânicos.

3.1 MATRIZES POLIMÉRICAS

O material compósito é composto, em geral, por uma ou mais fases descontínuas distribuídas em fases contínuas. No caso de várias fases descontínuas de naturezas diferentes, o compósito é dito híbrido (Ahmadijokani *et al.*, 2020). A matriz polimérica pode ser do tipo termoplástica, termoendurecível e/ou elastômero. O papel da matriz é ligar as fibras de reforço, distribuir as restrições, proporcionar a resistência química da estrutura e dar a forma desejada ao produto final (Arabpour *et al.*, 2020; Zheng *et al.*, 2019). Ademais, a escolha dessa matriz depende do uso a que se destina o material compósito (Hsissou *et al.*, 2021).

As principais matrizes poliméricas são formadas por resinas, sendo as principais as de poliéster, a fenólica, a de silicone, a de poliamida e a epóxi. Essa última, mesmo tendo um dos custos mais elevados, é a resina mais utilizada pela indústria (Gama, 2017). A matriz e o reforço podem ser metálicos, cerâmicos ou plásticos, o que permite prever uma infinidade de combinações (Cheng; Jiang; Li, 2020).

A natureza da matriz e da carga, a forma e proporção da carga, a qualidade da interface e o processo de produção utilizado são todos parâmetros que podem influenciar as propriedades do material compósito (Nagarajan *et al.*, 2019; Zhou *et al.*, 2019) e, além disso, a inserção de reforços de boa resistência à tração e de módulos muito elevados em matriz polimérica permite melhorar as qualidades mecânicas e térmicas (Datsyuk *et al.*, 2020).

3.2 COMPÓSITOS POLIMÉRICOS REFORÇADOS COM FIBRAS NATURAIS

Por serem provenientes de fontes renováveis e biodegradáveis, além de economicamente mais acessíveis e de menor ação ambiental negativa, as fibras naturais têm ganhado a atenção da comunidade científica. Elas apresentam degradação inicial entre 200°C-220°C e são consideradas adequadas para reforçar polímeros que sejam processados dentro desse limite de temperatura, tais

como o polipropileno (PP), policloreto de vinila (PVC), polietilenos de baixa densidade (LDPE) e resinas epóxi (Campbell, 2020).

As fibras naturais são classificadas como fibras vegetais, animais e minerais dependendo da fonte de extração. Essas fibras naturais são utilizadas como reforço com base na aplicação em matrizes poliméricas para formar compósitos de base biológica e compósitos poliméricos (Mazzanti *et al.*, 2019). Compósitos reforçados com fibras naturais derivadas de plantas como cânhamo, linho, juta, kenaf, sisal, coco, bambu, que são leves, duráveis e eficientes, possuem características mecânicas e físicas desejadas e servem como alternativa a outros materiais convencionais (Ramachandran *et al.*, 2022).

Os compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais (NFPCs) derivados de recursos renováveis são ecologicamente corretos e compreendem também uma combinação de fibras naturais integradas com polímeros sintéticos derivados de recursos petrolíferos ou de biopolímeros derivados de recursos naturais ou de outros recursos renováveis (Vinod *et al.*, 2020). Esse uso proporciona, quando comparado às fibras não degradáveis, um material com boas propriedades mecânicas e térmicas, com alta tenacidade e com um menor custo (Pickering; Efendy; Le, 2016).

Quanto à elasticidade, o módulo de elasticidade é um dos parâmetros mais importantes na escolha da fibra mais adequada. Apesar de as fibras naturais terem apenas metade do nível de elasticidade das fibras de vidro, o fato de terem densidade inferior possibilita que tenham níveis de resistência específica semelhante.

Os abundantes resíduos agrícolas/industriais gerados pelas tecnologias modernas provaram ser uma barreira ao desenvolvimento sustentável. Os compósitos reforçados com fibras naturais foram identificados como um potencial substituto em diversas aplicações devido à sua disponibilidade, custo-benefício, não toxicidade e biodegradabilidade. Além disso, esses compósitos apresentam excelentes propriedades, como a alta resistência e rigidez, que os tornam uma excelente alternativa às fibras de vidro ou de carbono para aplicações de alta resistência, que são vistas, por exemplo, em construções (Peças *et al.*, 2018). Várias fibras naturais têm sido utilizadas para a fabricação de compósitos, como juta, coco, sisal, abacaxi, rami, bambu, banana, cânhamo, bagaço, coco, linho e curauá (Gholampour; Ozbakkaloglu, 2019; Singh *et al.*, 2020).

Duro (2013) mostrou que os compósitos reforçados com fibras naturais de linho e sisal, por suas propriedades mecânicas de flexão e tração, podem ser empregados na construção civil e na indústria automobilística, enquanto que Silva (2014) observou que a adição da fibra de juta à matriz polimérica (resina epóxi), em percentagem limitada, apresenta um resultado satisfatório na substituição de produtos convencionais utilizados nessas áreas.

3.3 CANA-DE-AÇÚCAR

Praticado desde a colonização, o cultivo da cana-de-açúcar tem grande importância para a economia brasileira, sendo uma atividade realizada em todo o território nacional, principalmente no estado de São Paulo e na Região Nordeste. Essa importância se deve à quantidade de materiais produzidos a partir dessa matéria-prima, como açúcar, cachaça, etanol, energia, rapadura, caldo-de-cana e também os seus subprodutos (Oliveira, 2018). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2021), o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, cuja safra de 2020/21 gerou 654,5 milhões de toneladas, as quais foram destinadas à produção de açúcar (41,2 milhões de toneladas) e etanol (29,7 bilhões de litros).

O bagaço, resíduo obtido por meio da última moagem, é formado por fibras lignocelulósicas, composto por 2% de sílica, 19,95% de lignina, 24,5% de hemicelulose, 2,4% de cinzas, 3,5% de graxas e gorduras, 46% de celulose e 1,7% de outros elementos (Mulinari *et al.*, 2009). É considerado o resíduo da

agroindústria de maior escala e de maior potencial energético do Brasil, sendo, em sua maioria, utilizado para fornecer energia às próprias usinas (Unica, 2019).

Contudo, a parte não utilizada desse resíduo tem provocado impactos ambientais e problemas de estocagem, tornando-se necessárias novas áreas de aplicação (Benini, 2011). Diversos autores iniciaram pesquisas sobre outras aplicações do bagaço da cana-de-açúcar, que poderia servir como componente para a indústria de construção civil (Ganesan; Rajagopal; Thangavel, 2007), ser utilizado na fabricação de componentes automotivos (Luz; Caldeira-Pirez; Ferrão, 2010) e atuar como reforço em compósitos poliméricos (Benini, 2011; Mulinari *et al.*, 2009; Oliveira, 2018).

Iwakiri (2005) define o MDF como painéis produzidos a partir de fibras de madeira prensadas e aglutinadas com resina sintética, sendo a ureia-formaldeído a mais comumente usada. Entre suas principais vantagens, tem-se o baixo valor de custo, sua versatilidade, por poder ser encontrado cru, pintado ou revestido, e suas propriedades mecânicas, que o tornam semelhante à madeira maciça. Além disso, é considerado por muitos um produto ecologicamente correto, uma vez que é produzido por meio de madeira reflorestada, não contribuindo para o desmatamento.

Araújo (2012) destaca que seu grande problema é o uso em ambientes internos, pois são responsáveis por uma alta concentração de vapor de formaldeído, causando desconforto, irritação e até maiores problemas de saúde por ter potencial carcinogênico e mutagênico.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

O material utilizado para a produção do molde foi o silicone, enquanto que para a fabricação do compósito proposto utilizou-se a fibra do bagaço da cana-de-açúcar (2 mm), a resina epóxi RP 031, o Endurecedor RE-042R, o Desmoldante Vaselina e o Corante azul translúcido 0212B003.

A resina epóxi foi selecionada devido às suas características, já que, entre suas vantagens, apresenta baixa viscosidade, alta resistência mecânica, baixa volatilidade durante a cura e baixo enrugamento, além de uma redução das tensões de cisalhamento (Gama, 2017).

Em pesquisa realizada em diversas marcas que comercializam esses acessórios, foram encontradas composições com 100% de resina poliéster, poliamida, acrílico e até poliuretano. Procura-se, com o desenvolvimento da pesquisa, diminuir a quantidade de resina termoplástica aplicada na produção desses materiais utilizados em acessórios no design de moda, desde que se mantenham as propriedades de resistência, flexibilidade, absorção de líquidos, entre outras, dentro dos padrões exigidos pelas normas vigentes.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 PREPARAÇÃO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR

Após a coleta, o resíduo do bagaço da cana-de-açúcar foi levado para uma estufa para desidratação do material a 50°C por 24 horas. Em seguida, foi triturado em um moinho com pente 2 mm.

4.2.2 PRODUÇÃO DO MATERIAL COMPÓSITO

O *hand lay-up* associado à técnica de moldação em moldes de silicone foi o método escolhido para o desenvolvimento do material compósito. Trata-se de um processo de fabricação com aplicação manual da mistura composta (matriz e reforço) em um molde aberto muito utilizado na produção de compósitos fibrosos (Lin; Zhang; Zhang, 2023). Por se tratar de uma técnica manual, tem baixo custo e é utilizada na produção de poucas peças.

As amostras do material foram produzidas utilizando a mistura da resina epóxi RP-031 com a fibra do bagaço da cana-de-açúcar em diferentes razões volumétricas, tendo como base o trabalho de Sampaio (2021). As percentagens foram definidas: Amostra 1 (A) - 100%, 0% fibra; Amostra 2 (B) - 70%, 30% fibra; Amostra 3 (C) - 60%, 40% fibra; e Amostra 4 (D) - 50%, 50% fibra.

4.2.3 ABSORÇÃO DE LÍQUIDO E INCHAÇO POR IMERSÃO

A taxa na qual o material absorve líquido, quando imerso, é determinada no teste de absorção. Assim, foi realizada a adaptação da norma ASTM D570-98 (ASTM, 2010), na qual foi substituída a água destilada por soro fisiológico, tendo em vista que este apresenta uma composição mais próxima do suor humano. As amostras têm a forma retangular e foram produzidas em molde de silicone.

Foram desenvolvidas 4 (quatro) amostras de cada percentagem de fibra: 0%, 30%, 40% e 50%, resultando em 16 (dezesesseis) corpos de prova. As amostras foram medidas com um paquímetro digital e levadas a uma estufa de secagem e esterilização a 50°C por 24 horas, sendo que todas as peças foram pesadas e emergidas em soro fisiológico, também por 24 horas. Por fim, foram retiradas do soro, limpas com papel absorvente para retirar a umidade da superfície, medidas e pesadas novamente para, assim, determinar o índice de absorção e inchaço.

Para calcular a percentagem de absorção de líquido foi usada a Equação 1, em que W1 é o peso inicial da amostra (g) e W2 é o peso após a imersão por 24 horas

$$\% \text{ de absorção de massa} = \frac{W2-W1}{W1} \times 100$$

4.2.4 TESTE DE INCHAÇO

O teste de inchamento em espessura fornece o aumento linear da espessura do material. Ele foi realizado com adaptação da norma NBR 14810-2 (ABNT, 2013), em que a porcentagem máxima de aumento permitida após 24 horas é de 16% sobre a inicial. As medidas de espessura foram realizadas no centro das amostras com auxílio do paquímetro digital.

Para calcular o inchamento em espessura foi usada a Equação 2, em que I é o inchamento em espessura (%), E0 é a espessura inicial da amostra (mm) e E1 é a espessura após a imersão por 24 horas.

$$I = \frac{E1-E0}{E0} \times 100$$

4.2.5 TESTE DE IMPACTO

O teste foi realizado na máquina de impacto IZOD com pêndulo 2.75 J e as amostras desenvolvidas no formato retangular como adaptação às da ASTM D256 (2018).

4.2.6 DESENVOLVIMENTO DA COLEÇÃO DE ECOJOIAS

A criação conceitual da coleção foi desenvolvida com base na ferramenta do *brainstorming*. O termo *brainstorming* significa “tempestade de ideias” e foi criado em 1939 por Alex Osborn e atualmente encontra-se disponível no Manual de Ferramentas e Técnicas da Asian Productivity Organization – APO. Trata-se uma ferramenta bastante versátil que tem como principal objetivo estimular a criação do maior número de ideias possíveis em um curto espaço de tempo e com materiais de baixo custo. Além disso, é composta por duas fases (Young, 2020)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção das amostras de material compósito e a apresentação e análise dos resultados obtidos nos testes realizados são aqui apresentadas. Em seguida, as características das amostras são comparadas com as do MDF, de modo a estabelecer a melhor composição de material compósito a ser utilizado na criação de ecojoias.

5.1 PRODUÇÃO DO MATERIAL COMPÓSITO

Foram produzidas amostras por meio da técnica *hand lay-up* com percentagens diferentes de fibras: 0% bagaço/100% resina (amostra controle), 30% bagaço/70% resina, 40% bagaço/60% resina, 50% bagaço/50% resina. Na Figura 2 tem-se algumas etapas do processo de produção das amostras.

5.2 TESTE DE ABSORÇÃO DE LÍQUIDO POR IMERSÃO

O resultado do teste de absorção pode ser analisado na Figura 1. Observa-se um maior ganho de peso à medida em que o percentual de fibras, na composição do material compósito, aumenta. Logo, a amostra A (100% resina), por não apresentar fibra em sua composição, tem a menor taxa de absorção de líquido (0,19%). Ao analisar o comportamento das amostras, é perceptível que as amostras A, B e C apresentam um aumento gradativo nas suas taxas de absorção em termos de peso, enquanto a diferença entre a amostra C e D é mais significativa com relação a B, tendo em vista possuírem uma quantidade de fibras maior em sua composição.

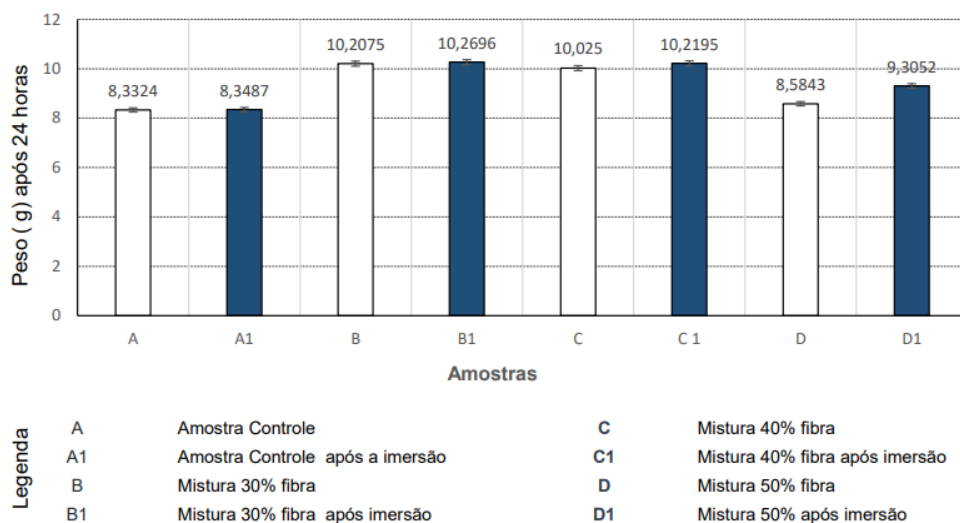


Figura 1 – Resultados obtidos no teste de absorção de líquido por imersão

Fonte: Farias (2021).

Dessa forma, é possível determinar que a amostra B (30% fibra/70% resina) é a que apresentou o melhor resultado, pois tem a menor taxa de absorção entre as amostras com fibra, apresentando apenas 0,61% de diferença entre os resultados da pesagem de antes e depois do período de 24 horas de imersão. A amostra que apresentou o pior resultado foi a D (50% fibra/50% resina), tendo a maior taxa de absorção, 8,40%. Assim, a amostra B apresenta um resultado excelente quando comparado ao MDF, pois, segundo a norma ABNT NBR 15326 – 3 (2009), a porcentagem máxima de absorção para o MDF é de 40%.

Os resultados corroboram os achados do estudo de Chen *et al.* (2021), em que se observa que a absorção de líquido em um compósito de resina epóxi com bagaço da cana-de-açúcar aumenta proporcionalmente de acordo com a quantidade de fibras adicionadas. Isso resulta em uma maior incidência de grupos de aminoácidos que interagem com as moléculas de água.

5.3 TESTE DE INCHAÇO

Wondmagegnehu (2023), em seu estudo, observou que o inchamento em espessura do compósito se eleva com o aumento do tempo de imersão até ocorrer a saturação, bem como aumenta com o percentual de bagaço de cana-de-açúcar, o que vai de encontro aos resultados desta pesquisa. A Figura 2 apresenta o resultado do teste de inchaço e é possível observar um aumento na espessura à medida que o percentual de fibras, na composição do material compósito, se eleva. Assim, a amostra A (100% resina), por não apresentar fibra em sua composição, tem a menor taxa de inchaço (0,49%).

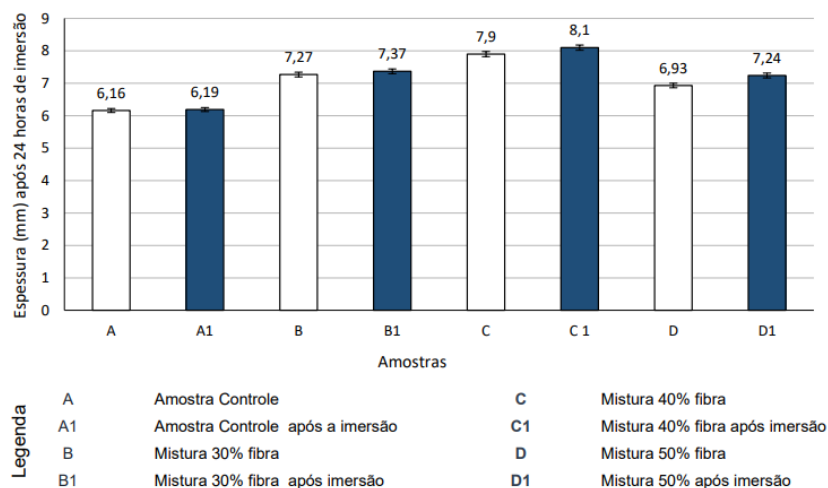


Figura 2 – Resultados obtidos no teste de inchamento em espessura

Source: Farias (2021).

Dessa forma, é possível determinar que a amostra B (30% fibra/70% resina) é a que apresentou o melhor resultado, pois é a que tem a menor taxa de inchamento entre as amostras com fibra, taxa essa de 1,37%, que resultou da diferença da espessura da amostra antes e após o período de 24 horas de imersão. A amostra que apresentou o pior resultado foi a D (50% fibra/50% resina), tendo a maior taxa de inchamento, 4,46%. Desse modo, quando comparada ao MDF, a amostra B apresenta um resultado excelente, pois, segundo a norma ABNT NBR 15326 – 3 (2009), a porcentagem máxima de inchamento para o MDF é de 12%. Os resultados da porcentagem de inchaço podem ser verificados na Tabela 1:

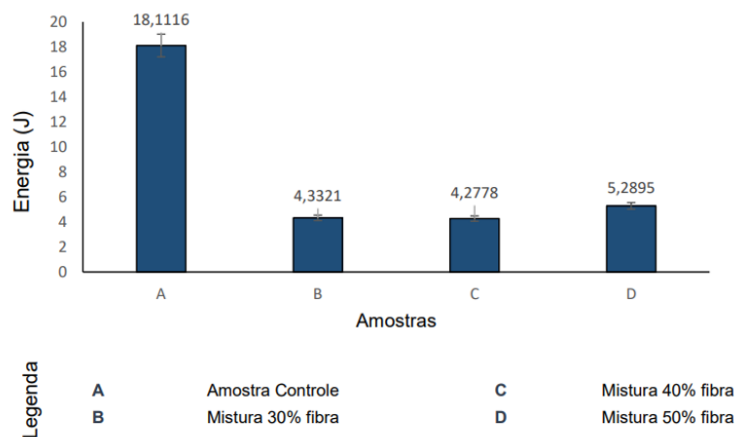
Tabela 1 – Porcentagem de inchaço

AMOSTRAS	ESPESSURA INICIAL (E0)	ESPESSURA FINAL (E1)	INCHAMENTO (I)
A (0% fibra)	6.16mm	6.19mm	0.49%
B (30% fibra)	7.27mm	7.37mm	1.37%
C (40% fibra)	7.9mm	8.1mm	2.52%
D (50% fibra)	6.93mm	7.24mm	4.46%

Fonte: Farias (2021).

5.4 TESTE DE IMPACTO

Prasad *et al.* (2020) ressaltam que a energia máxima de impacto foi observada para o compósito reforçado com a maior porcentagem de fibra na mistura com a resina, o que também reforça a natureza dúctil da fibra. O resultado do teste de impacto aqui realizado pode ser analisado na Figura 3, na qual se observa que quanto maior o gasto de energia em joule (J), maior a resistência do material. Assim, a amostra controle (100% resina) foi a que apresentou o maior gasto de energia, 18,1116 J.

**Figura 3** – Resultados obtidos no teste de impacto

Source: Farias (2021).

A amostra com percentual de fibra que apresentou o melhor resultado foi a amostra D (50% fibra), tendo um gasto de 5,2895 J e uma maior resistência a impacto. A amostra com o pior resultado para o teste de impacto foi a amostra C (40% fibra), apresentando o menor gasto de energia, 4,2778 J. Contudo, a amostra C não apresentou uma variação tão elevada em comparação com a amostra B (30% fibra), sendo uma diferença de 0,0543 J. Todas as amostras obtiveram um resultado superior em comparação ao MDF comercial testado por Prioli, Palma e Moraes (2019), que apresentou um resultado de 3,74 J para a chapa de MDF com 3 mm de espessura.

5.5 ESCOLHA DA MELHOR AMOSTRA DE MATERIAL COMPÓSITO

Apresenta-se agora a análise de todos os resultados dos testes laboratoriais para determinar qual amostra do material compósito desenvolvido tem o melhor resultado para os objetivos deste trabalho. Os requisitos a serem avaliados são a sustentabilidade e a durabilidade/aspectos técnicos (resultado dos testes) e estão dispostos na Tabela 2, preenchida utilizando uma escala Likert de 1 a 5 (1 – muito ruim e 5 – muito bom).

Tabela 2 – Matriz de seleção da melhor amostra de compósito

REQUISITOS	SAMOSTRA 100% RESINA	AMOSTRA 30% FIBRA	AMOSTRA 40% FIBRA	AMOSTRA 50% FIBRA
Sustentabilidade (incorporação do resíduo - fibra)	1	3	4	5
Absorção de líquidos	5	4	3	2
Inchaço em espessura	5	4	3	2
Resistência a impacto	4	2	2	3
Nota final	3.75	3.25	3.0	3.0

Fonte: Farias (2021).

A sustentabilidade é um requisito importante. E, embora todas as amostras tenham potencial para substituição do MDF, em que se percebe que quanto maior a percentagem do bagaço da fibra de cana-de-açúcar, maior o caráter sustentável do compósito, é necessário analisar os resultados dos testes. Observa-se que, para os testes de absorção e inchaço, as amostras com menor percentagem de fibra obtiveram um melhor desempenho, enquanto que para o teste de impacto, quanto maior a percentagem de fibra, maior a resistência do compósito.

Portanto, pode-se concluir que, de acordo com o método utilizado para a seleção da melhor amostra, a B (30% bagaço da cana-de-açúcar/70% resina) exibe o melhor desempenho para a aplicabilidade deste trabalho. Apesar disso, essa conclusão não exclui a possibilidade do uso das amostras C e D, pois apresentaram resultados iguais no procedimento de seleção utilizado, assim como resultados próximos aos da amostra B, selecionada em primeiro lugar.

6 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

A criação conceitual da coleção proposta foi desenvolvida com base na ferramenta do *brainstorming*, realizada após a escolha do tema e utilizada na produção do painel de inspiração. As novas perspectivas de futuro exigem a reconexão com a natureza e a busca por um estilo de vida mais saudável e sustentável. Nesse contexto, foram essas as inspirações que deram início e embasamento para o desenvolvimento do *brainstorming*, para criação de produtos sustentáveis e para a valorização da cultura local, colocando em destaque os rios Poti e Parnaíba, além da paisagem ribeirinha da cidade de Teresina, Piauí, Brasil.

A macrotendência utilizada para o desenvolvimento da coleção foi o Minimalismo Natural, que envolve a conexão com as boas energias, o aconchego, o rústico e a leveza, os quais são trabalhados nas peças artesanais ao se utilizar de um mix de materiais, que variam de formas mais orgânicas e fluidas até pedras naturais aliadas aos metais.

6.1 PÚBLICO-ALVO

A quantidade de informações de fácil acesso na atualidade é uma maneira de divulgar não apenas tendências, mas estilos de vida e conceitos, interagindo com os consumidores, despertando o olhar para as preocupações com o planeta e com os impactos gerados para as gerações futuras, que possuem um pensamento mais ético (Albuquerque, 2022).

Bauman (2001) afirma que a modernidade é líquida e a identidade é criada pelo consumo, em que o homem moderno está na eterna busca pelo novo, pela satisfação e pela liberdade. Nesse contexto, as ecojoias apresentam uma inclinação ao público feminino com um poder de compra mais elevado que valoriza a cultura local teresinense e a criação e consumo de produtos sustentáveis com um design delicado e diferenciado.

6.5 COLEÇÃO REFLEXOS RIBEIRINHOS

As fontes e os cursos de água na antiguidade eram símbolos de prosperidade e abundância e exibiam um caráter sagrado que inspira práticas espirituais perpetuadas até hoje. Saraiva (1999) fala que o movimento dinâmico desses cursos de água faz alusão à renovação e à continuidade da vida, em que o rio e suas margens são a conexão do meio natural com o homem.

Segundo a Agência Nacional de Águas (Araújo, 2023), a cidade de Teresina-PI é caracterizada pelos rios que tangenciam a cidade, os rios Parnaíba e Poti. O encontro desses rios é um dos pontos turísticos mais visitados da cidade, pois lá eles se unem, fazem a divisa entre os estados do Piauí e Maranhão e se transformam em um só leito que migra em direção ao Oceano Atlântico. Ademais, a região é uma herança cultural que tem relação com questões simbólicas, afetivas, econômicas, ambientais e culturais (Farias, 2018).

O painel de inspiração tem a função de auxiliar no processo do design das peças, bem como na escolha de materiais, texturas, cores e formas. Seu desenvolvimento foi norteador pela paisagem local, pelo artesanal e pelos rios e seus mistérios. A coleção *Reflexos Ribeirinhos* representa a dualidade dos dois rios, cuja imensidão de suas águas reflete os mistérios que eles guardam, emoldurando a paisagem ribeirinha local e desfazendo a rigidez da cidade à medida que se aproxima da natureza, das margens e da fluidez das águas. Assim, partindo desse conceito e das inspirações no painel, foi criada uma coleção composta por 14 peças, sendo quatro brincos, quatro colares, um *body chain*, três pulseiras e dois anéis.

Os elementos escolhidos e apresentados na coleção são as formas, as cores e as texturas. O conceito é trabalhado nas peças por meio da dualidade das formas, em que a delicadeza do fio de prata é um contraponto para a rigidez do material compósito desenvolvido. Na coleção, o compósito foi tingido com corante azul translúcido e as fibras do bagaço ficaram aparentes, remetendo aos mistérios que os rios guardam. As pedras naturais e suas cores representam a riqueza e a abundância da natureza e, além disso, as formas orgânicas dos elementos remetem ao fluir das águas.

6.3 PRODUÇÃO DAS PEÇAS PROTÓTIPO

Nesta etapa do trabalho, duas peças da coleção foram confeccionadas, sendo produzidas com o material compósito 30% bagaço/70% resina, ou seja, com a amostra B, para assim comprovar que o material proposto é aplicável em uma coleção de ecojoias.

Os materiais escolhidos para harmonizar com o compósito desenvolvido foram:

- Prata 925 e 950 – utilizada no ramo joalheiro do estado do Piauí;
- Fio de prata 950 – é um material maleável e delicado, confeccionado a partir de restos de prata, um viés mais sustentável;
- Pedras naturais – pérola de água doce, esfera de quartzo rosa, esfera facetada de ametista, jade vermelha e jade verde.

Com os modelos selecionados, foram elaboradas as fichas técnicas. As peças foram produzidas manualmente tendo os cortes executados a laser. As pedras naturais e a soldagem da corrente para a montagem do colar foram realizadas por uma designer local. A primeira etapa foi o desenvolvimento do material compósito tingido com corante azul em chapa de 3 mm e o corte a laser nos formatos propostos. Na sequência, foram confeccionadas as algas de fios de prata torcidos, pedras naturais e canutilhos de prata. Por fim, as joias foram finalizadas com as peças de prata: corrente, argolas, pinos, tarraças e fecho. Na Figura 4 tem-se o resultado final das peças da coleção *Reflexos Ribeirinhos*.



Figura 4 – Brinco e colar em fio de prata 950, pedras naturais e material compósito

Fonte: Farias (2021).

A proposta da coleção foi alcançada. O material compósito 30% fibra/70% resina teve uma excelente performance, visto que apresentou a capacidade de ser cortado a laser sem danos e se mostrou compatível com o tingimento e com a incorporação de peças em prata. Dessa forma, comprova-se a viabilidade da aplicação do material na proposta da criação de coleção de ecojoias.

7 CONCLUSÃO

Este trabalho se propôs a desenvolver um material compósito reforçado com o bagaço da cana-de-açúcar, além de sustentável, para substituir o MDF na aplicação em ecojoias. Esse material foi submetido a testes laboratoriais de absorção de líquido, inchaço e impacto com o intuito de comprovar a sua aplicabilidade na área proposta. A produção foi realizada com a técnica de *hand lay-up*, que se mostrou satisfatória. Outrossim, foi observado que quanto maior a quantidade de fibras na composição, mais difícil foi de tornar o material homogêneo e sem bolhas ou falhas, tendo como principal fator as características da fibra da cana-de-açúcar triturada a 2 mm.

Por meio dos testes laboratoriais, foi possível analisar o comportamento do material compósito obtido. Com os testes de absorção de líquidos e inchamento, observou-se que os melhores resultados foram os das amostras com menor percentagem de fibras, uma vez que quanto maior a porcentagem de fibras de bagaço da cana-de-açúcar, maior a absorção de líquidos e, conseqüentemente, maior o inchamento em espessura das amostras.

Por fim, com o teste de impacto, pôde-se concluir que a adição do bagaço de cana diminuiu a resistência a impacto do compósito quando comparado com a amostra controle (100% resina). Contudo, também é possível perceber que, em análise das amostras fibrosas, o aumento da quantidade de fibras contribuiu

para o aumento da resistência do compósito, uma vez que a amostra 50% de fibra apresentou um resultado melhor que as amostras de 30% e 40% de fibra.

Ao final dos testes, foi realizado um estudo comparativo entre o compósito desenvolvido e o MDF e concluiu-se que o material fabricado atendeu aos requisitos para a aplicação em ecojoias. Além disso, o trabalho apresentado não descarta o uso dos materiais com as maiores percentagens de fibra e, com isso, esta pesquisa abre caminhos para novos estudos e novas possibilidades de aplicações desse tipo de material na indústria da moda.

REFERÊNCIAS

AHMADIJOKANI, F.; SHOJAEI, A.; DORDANIHAGHIGHI, S.; JAFARPOUR, E.; MOHAMMADI, S.; ARJMAND, M. **Effects of hybrid carbon-aramid fibre on performance of non-asbestos organic brake friction composites**. *Wear*, 452, 203280, 2020.

ALBUQUERQUE, S. F. **Barriers to sustainability in clothing manufacturing and fashion culture**. 2022. Thesis (Doctorate) – Federal University of Piauí. Available at: https://sigaa.ufpi.br/sigaa/public/programa/defesas.jsf?lc=lc=lc=pt_BR&id=619. Accessed on May 8, 2022.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – **ASTM. D256 -10: standard test methods for determining the izod pendulum impact resistance of plastics**. West Conshohocken, 2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D570-98: standard test method for water absorption of plastics**. West Conshohocken, 2010.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D3878 – standard referring to standard Terminology for composite materials**. Available at: <https://www.passeidireto.com/arquivo/49929833/astm-d-3878>. Accessed on: 7 jan. 2024.

ARABPOUR, A.; SHOCKRAVI, A.; REZANIA, H.; FARAHATI, R. Investigation of anticorrosive properties of novel silane-functionalized polyamide/GO nanocomposite as steel coatings. **Surfaces and Interfaces**, v. 18, 100453, 2020.

ARAÚJO, G. M. G. de. **Challenges for applying the Cradle-to-cradle methodology to the life cycle of MDF and MDP furniture**. 2012. Dissertation (Master's in Urban and Environmental Engineering) – Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.

ARAÚJO, S. **Parque Encontro dos Rios**. *Meu Piauí Magazine*. 2023. Available at: <https://meupiaui.com/parque-encontro-dos-rios-horarios-e-endereco/>. Accessed on: July 27, 2024.

BARBOSA, A. de P. **Structural characteristics and properties of polymer composites reinforced with buriti fibers**. 2011. Thesis (Doctorate in Engineering and Materials Sciences) – Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes, 2011.

BAUMAN, Z. **Liquid Modernity**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

BENINI, K. C. C. de C. **Development and characterization of polymer composites reinforced with lignocellulosic fibers: HIPS/green coconut shell fiber and sugar cane bagasse**. 2011. Dissertation (Master's in Mechanical Engineering) – Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, 2011.

BIAZUS, A.; TIME, A. B. da; LEITE, B. G. P. **Market overview: wooden panels**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 32, p. 49-90, Sep. 2013.

BRAZILIAN ASSOCIATION OF PLANTED FOREST PRODUCERS. **ABRAF statistical yearbook 2013**: base year 2012. Brasília, 2013.

BRAZILIAN ASSOCIATION OF TECHNICAL STANDARDS. **NBR 14810-2**: medium density particle boards. 3rd ed. Rio de Janeiro, 2013.

BRAZILIAN ASSOCIATION OF TECHNICAL STANDARDS. **NBR 15326-3**. Rio de Janeiro: 2009.

BRAZILIAN SUPPORT SERVICE FOR MICRO AND SMALL COMPANIES. **Sustainable ideas and businesses**: biojewelry production. Brasília, 2012. Available at: [https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/F08FE871B69E106283257A33005B6812/\\$File/NT0004773E.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/F08FE871B69E106283257A33005B6812/$File/NT0004773E.pdf). Accessed on: 6 Oct. 2021.

BRAZILIAN SUPPORT SERVICE FOR MICRO AND SMALL COMPANIES. **Find out more about trends in the cachaça market**, 2017. Available at: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/saiba-mais-sobre-tendencia-do-mercado-de-cachaca,39aa6a2bd9ded410VgnVCM1000003b74010aRCRD>. Accessed on: 15 Oct. 2021.

BROEGA, A. C. Creativity in teaching fashion clothing design: an academic experience. **Ensinarmode Magazine**, Florianópolis, v. 2, Jun./Sept. 2018.

BRUNDTLAND, G. H. (org.). **Our common future**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CAMPBELL, C. H. G. **Development and characterization of a banana fiber composite for application in model aircraft**. Volta Redonda: UniFOA, 2020.

CHEN, R. S.; CHAI, Y. H.; OLUGU, E. U.; SALLEH, M. N.; AHMAD, S. Evaluation of mechanical performance and water absorption properties of modified sugarcane bagasse high-density polyethylene plastic bag green composites. **Polymers and Polymer Composites**, v. 29(9_suppl), S1134-S1143, 2021.

CHENG, Q.; JIANG, H.; LI, Y. Effect of fiber content and orientation on the scratch behaviour of short glass fiber reinforced PBT composites. **Tribology International**, v. 146, 106221, 2020.

CIMODE. **Electronic proceedings** [...] Guimarães: University of Minho, 2012.

DATSYUK, V.; TROTSSENKO, S.; TRAKAKIS, G.; BODEN, A.; VYZAS-ASIMAKOPOULOS, K.; PARTHENIOS, J.; PAPAGELIS, K. Thermal properties enhancement of epoxy resins by incorporating polybenzimidazole nanofibers filled with graphene and carbon nanotubes as reinforcing material. **Polymer Testing**, v. 82, 106317, 2020.

FARIAS, V. A. **Riverside Park in the Santa Rosa neighborhood – Teresina (PI)**. 2018. Course Completion Work (Bachelor's Degree in Architecture and Urbanism) – Federal University of Piauí. Teresina, 2018.

GAMMA, D. P. N. **Analysis of tension and flexural properties of sandwich composites**. 2017. Dissertation (Master's in Mechanical Engineering) – Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2017.

GANESAN, K.; RAJAGOPAL, K.; THANGAVEL, K. Evaluation of bagasse ash as supplementary cementitious material. **Cement & Concrete Composites**, v. 29, issue 6, p. 515-524, July 2007.

GHOLAMPOUR, A.; OZBAKKALOGLU, T. A review of natural fiber composites: properties, modification and processing techniques, characterization, applications. **J. Mater. Sci.**, v. 55, p. 829–892, 2019.

GOLA, E. **The jewel**: history and design. 3th ed. São Paulo: Senac São Paulo, 2021.

GOWOREK, H.; OXBORROW, L.; McLAREN, A.; COOPER, T.; HILL, H. Managing sustainability in the fashion business: challenges in product development for clothing longevity in the UK. **Journal of Business Research**. 2018. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.07.021>.

HAIL, M. da G. A. N. **The river as landscape: management of river corridors within the framework of spatial planning.** Lisbon: Calouste Gulbenkian Foundation, 1999.

HARD, A. C. F. M. **Development and characterization of composites reinforced with flax and sisal fibers.** 2013. Dissertation (Master's in Polymer Engineering) – Minho's university. Guimarães, 2013.

HSISSOU, R.; SEGHIRI, R.; BENZEKRI, Z.; HILALI, M.; RAFIK, M.; ELHARFI, A. **Polymer composite materials: a comprehensive review.** *Composite structures*, v. 262, 113640, 2021.

ISLAN, S.; BHAT, G. Environmentally-friendly thermal and acoustic insulation materials from recycled textiles. **Journal of Environmental Management**, v. 251. 2019. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109536>.

KEMPER, J. A.; BALLANTINE, P. W. What do we mean by sustainability marketing? **Journal of Marketing and Management**, v. 35, n. 3-4, p. 277–309. 2019.

LIN, J.; ZHANG, X.; ZHANG, X. Fabrication of Glass Fiber-Reinforced Polymer (GFRP) Composite Laminates by Wet Hand Lay-Up/Vacuum Bag (WLVB) Method. **Young Journal**. 2023. DOI: 10.3791/200332

LOPEZ, Y. M.; PAES, J. B.; GUSTAVE, D.; GONÇALVES, F. G.; MÉNDEZ, F. C.; NANTET, A. C. T. Production of wood-plastic composites using cedrela odorata sawdust 163 waste and recycled thermoplastics mixture from post-consumer products. A sustainable approach for cleaning production in Cuba. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, n. 1, p. 1- 10, 2020.

LIGHT, S. M.; BOILER-PIRES, A.; FERRÃO, P. M. C. Environmental benefits of substituting talc by sugarcane bagasse fibers as reinforcement in polypropylene composites: ecodesign and LCA as strategy for automotive components. **Resources, Conservation and Recycling**, Elsevier, v. 54, ed. 12, p. 1135-1144, 2010.

MACENA, B. B.; MARQUES, N.; BROEGA, A. C. **Slow Fashion: characteristics, importance and the relationship with design**, 2018. Available at: https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/57144/1/CIMODE2018_BBM_NM_CBA.pdf. Accessed on: 9 Nov. 2021.

MAZZANTI, V.; PARIANTE, R.; BONANNO, A.; DE BALLESTEROS, O. R.; MOLLICA, F.; FILIPPONE, G. Reinforcing mechanisms of natural fibers in green composites: role of fibers morphology in a PLA/hemp Model System. **Composites Science and Technology**, v. 180, p. 51-59, 2019.

MAZZOTTI, K.; BROEGA, A. C.; GOMES, L. A. V de N. **The exploration of creativity, through the use of the brainstorming technique, adapted to the fashion creation process.** In: INTERNATIONAL FASHION AND DESIGN CONGRESS, 2012, Guimarães. **Anais eletrônicos [...]** Guimarães: Universidade do Minho, 2012.

MISUCOCHI, L. K. da S.; PEREIRA, H. A. A.; RUSCHIVAL, C. B.; MEDEIROS, A. C. C.; SANTOS, B. R. de C. Proposal for the sustainable use of residual MDF dust resulting from furniture production. **Projética**, Londrina, PR. v. 13, n. 1, 2022. DOI: 10.5433/2236-2207.2020v11n2p266

MULINARI, D. R.; VOORWALD, H. J.; CIOFFI, M. O. H.; da SILVA, M. L. C.; da CRUZ, T. G.; SARON, C. Sugarcane bagasse cellulose/HDPE composites obtained by extrusion. **Composites Science and Technology**, v 69, issue 2, p. 214-219, Feb. 2009

NAGARAJAN, B.; ARSHAD, M.; ULLAH, A.; MERTINY, P.; QURESHI, A. J. Additive manufacturing ferromagnetic polymers using stereolithography: materials and process development. **Manufacturing Letters**, v. 21, p. 12-16, 2019.

NATIONAL SUPPLY COMPANY. **Monitoring the Brazilian sugarcane harvest**, v. 4. Brasília: Conab, 2018.

OLIVEIRA, O. C. **Evaluation of fresh and modified sugarcane bagasse fibers for application in composites**. 2018. Dissertation (Master's in Engineering and Materials Science) – Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes, 2018.

PARTS, P.; CARVALHO, H.; SALMAN, H.; LEITE, M. Natural Fiber Composites and Their Applications: a review. **Journal of Composite Science**, v. 2, n. 66, 2018.

PICKERING, K. L.; EFENDY, M. G. A.; LE, T. M. A. A review of recent developments in natural fiber composites and their mechanical performance. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 83, p. 98-112, apr. 2016.

PRASAD, L.; KUMAR, S.; PATEL, R. V.; YADAV, A.; KUMAR, V.; WINCZEK, J. Physical and mechanical behavior of sugarcane bagasse fiber-reinforced epoxy bio-composites. **Materials**, v. 13, n. 23, 5387, 2020.

PRIOLI, A. de A.; PALMA, J. de C.; MORAES, V. T. de. **Evaluation of the mechanical properties of composites produced with post-consumer waste from the furniture industry**, 2019. Available at: <https://maua.br/files/122019/avaliacao-das-propriedades-mecanicas-compositos-produtores-com-residuos-pos-consumo-industria-furniture-261225.pdf>. Accessed on: 16 Nov. 2021.

RAMACHANDRAN, A.; MAVINKERE, R. S.; KUSHVAHA, V.; KHAN, A.; SEINGCHIN, S.; DHAKAL, H. N. Modification of fibers and matrices in natural fiber reinforced polymer composites: a comprehensive review. **Macromolecular rapid communications**, v. 43, n. 17, 2100862, 2022.

SALTORATTO, G. V.; GASCHLER, T.; AGUIAR, V. S. M.; OLIVEIRA, M. C. Generation Z and the impacts on organizational culture. **Online Production Magazine**. Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 1027-1047, 2019, SC.

SAMPAIO, L. M. de M. **Contemporary Jewelry: composite material reinforced with chicken feather fibers**. 2021. Dissertation (Master's in Design and Marketing of Textile Products, Clothing and Accessories) – University of Minho. Braga, 2021.

SANTOS, R. **Jewelry: fundamentals, processes and techniques**. São Paulo: Senac, 2017.

SILVA, I. C.; OLIVEIRA, A. Eco composite of vegetable resin and piassava fiber waste: machining and sensorial studies for applications in the field of design. **Design and Technology**, v. 11, n. 23, p. 24, 2021.

SINGH, C. P.; PATEL, R. V.; HASAN, M. F.; YADAV, A.; KUMAR, V.; KUMAR, A. **Fabrication and evaluation of physical and mechanical properties of jute and coconut coir reinforced polymer matrix composite**. *Mater. Today Proc.* 2020.

TUNN, V. S. C.; BOCKEN, N. M. P.; VAM DEN HENDE, E. A.; SCHOORMANS, J. L. P. Business models for sustainable consumption in the circular economy: an expert study. **Journal of Cleaner Production**, v. 212, p. 324-333, 2019. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.290>.

UNION OF SUGAR CANE INDUSTRIES. 2019. Available at: www.unica.com.br. Accessed on: 14 Oct. 2021.

VINOD, A.; SANJAY, M. R.; SUCHART, S.; JYOTISHKUMAR, P. Renewable and sustainable biobased materials: an assessment on biofibers, biofilms, biopolymers and biocomposites. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, 120978, 2020.

WONDMAGEGNEHU, B. T. Investigating the influence of sugarcane bagasse ash volume variation in glass fiber reinforced with epoxy resin matrix composite material. **Polymers and Polymer Composites**, v. 31, 09673911231196037, 2023.

YOUNG, R. **Knowledge Management. Tools and Techniques Manual**. Asian Productivity Organization. Tokyo. 2020.

ZAABA, N. F.; ISMAIL, H. Effects of natural weathering on the degradation of alkaline-treated peanut shell filled recycled polypropylene composites. **Journal of Vinyl & Additive Technology**, v. 25, n. 1, p. 26-34, 2019.

ZHENG, S.; BELLIDO-AGUILAR, D. A.; HU, J.; HUANG, Y.; ZHAO, X.; WANG, Z.; CHEN, Z. Waterborne bio-based epoxy coatings for the corrosion protection of metallic substrates. **Progress in Organic Coatings**, v. 136, 105265, 2019.

ZHOU, W.; KOU, Y.; YUAN, M.; Li, B.; CAI, H.; Li, Z.; DANG, Z. M. Polymer composites filled with core double-shell structured fillers: effects of multiple shells on dielectric and thermal properties. **Composites Science and Technology**, v. 181, 107686, 2019.