

## **Compósitos com Materiais de Origem Urbana para Produtos Sustentáveis de Baixa Tiragem**

### *Composite Materials of Urban Development for Low-Run Sustainable Design*

**Ugo Leandro Belini, Eng. Florestal, PPGSAU-DADIN-UTFPR**

[ubelini@utfpr.edu.br](mailto:ubelini@utfpr.edu.br)

**Raquel Segala Ribeiro, Designer, DADIN-UTFPR**

[raquelsegala@alunos.utfpr.edu.br](mailto:raquelsegala@alunos.utfpr.edu.br)

**Lorenzo Rocha Spizewski, Designer, DADIN-UTFPR**

[spizewski@alunos.utfpr.edu.br](mailto:spizewski@alunos.utfpr.edu.br)

**Erica Alves dos Santos, Designer, DADIN-UTFPR**

[ericas@alunos.utfpr.edu.br](mailto:ericas@alunos.utfpr.edu.br)

**João Victor Tarran Araújo, Designer, DADIN-UTFPR**

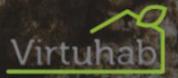
[joaoaraujo@aluno.utfpr.edu.br](mailto:joaoaraujo@aluno.utfpr.edu.br)

Número da sessão temática da submissão – [ E ]

#### **Resumo**

O presente trabalho investiga o desenvolvimento de materiais compósitos a partir de resíduos compósitos biodegradáveis urbanos, na reutilização de pó de café, lascas de madeiras e cascas de frutas, aglutinados com resina vegetal. O objetivo foi explorar alternativas sustentáveis para o design, reduzindo o uso de recursos não renováveis e promovendo o reaproveitamento de resíduos agroindustriais. A metodologia adotada foi dividida em três etapas principais: (i) seleção dos materiais e definição do produto, considerando suas propriedades físico-químicas e requisitos funcionais; (ii) fabricação das placas de compósito, abrangendo a preparação, mistura e prensagem dos materiais; e (iii) usinagem e cortes para obtenção do formato final dos protótipos. Os compósitos desenvolvidos apresentaram desempenho mecânico semelhante aos reforçados com fibras sintéticas e benefícios ambientais significativos. Como principal resultado, foram criados alguns protótipos: "Alce Porta Copos", a "Estante Panetone" e a "Prateleira Café Caramelo", evidenciando a variedade de sua aplicação em produtos de design.

**Palavras-chave:** Compósitos; Aproveitamento de resíduos; Sustentabilidade; Resinas aglutinantes.



## Abstract

*This study investigates the development of composite materials from biodegradable and industrial waste, with an emphasis on the reuse of coffee grounds, wood chips, and fruit peels, bonded with a plant-based resin. The objective is to create sustainable alternatives for design, reducing the use of non-renewable resources and promoting the reuse of agro-industrial waste. The adopted methodology was divided into three main stages: (i) selection of materials and product definition, considering their physicochemical properties and functional requirements; (ii) fabrication of composite panels, including material preparation, mixing, and pressing; and (iii) machining and cutting to achieve the final prototype shapes. The developed composites demonstrated competitive mechanical performance compared to those reinforced with synthetic fibers, along with significant environmental benefits. As a key outcome, prototypes such as the "Alce Porta Copos", "Estante Panetone", and "Prateleira Café Caramelo" were created, highlighting the feasibility of their application in sustainable design products.*

**Keywords:** *Plant fibers; Binding resins; Composites; Waste recovery; Sustainability*

## 1. Introdução

O amplo consumo de madeira, da demanda de novos produtos e da necessidade de tecnologias para a utilização de insumos - considerados como resíduos - tem gerado desafios para o desenvolvimento de boas práticas no manejo de materiais. Neste contexto, busca-se reduzir a pressão sobre os ecossistemas naturais através de alternativas de produção sustentáveis, que possam substituir materiais não-renováveis da indústria.

Materiais compósitos de fibras naturais, resíduos domésticos, urbanos ou agroindustriais têm despertado interesse no meio acadêmico. Esse interesse justifica-se tanto por suas características técnicas, quanto por suas possibilidades socioambientalmente favoráveis, apresentando características mecânicas concorrentes a outros compósitos reforçados, por exemplo, com fibras sintéticas, contribuindo assim para um maior desenvolvimento sustentável (Bressiani et al, 2020).

Em amplas áreas do Design, Pazmino (2007) destaca que a preocupação com a obtenção de novos processos e materiais se iniciou após a crise do petróleo, na década de 70, porém, esta questão só começou a permear o imaginário dos profissionais de Design a partir da década de 90, após a publicação do livro *Green Imperative*, de Victor Papanek, onde o mesmo argumentava que o impacto ambiental e social dos produtos era de responsabilidade de seu designer idealizador.

Também, Baxter (2000) ressalta a importância da fase de pesquisa para se elaborar estes novos produtos, buscando identificar oportunidades de mercado que venham suprir necessidades para que o mesmo consiga se consolidar no mercado consumidor competitivo.

Neste contexto, este trabalho visa a confecção de produtos utilizando fibras naturais residuais, aglutinados com resina orgânica, realizando a caracterização de qualidade e avaliação técnica para novos produtos de uso comum. A importância desta pesquisa reside na viabilização do emprego destes materiais na confecção facilitada de produtos que possam ser menos agressivos ao meio ambiente. Levamos em consideração, também, a adesão destes novos materiais às práticas de design, através do valor agregado particular dos materiais compósitos.

## 2. Procedimentos Metodológicos



A metodologia para o desenvolvimento dos compósitos foi dividida em três etapas: 1. Seleção dos materiais e definição do produto, 2. Fabricação dos compósitos e 3. Usinagem, cortes e montagem para obtenção dos protótipos.

## 2.1 Seleção dos materiais e definição do produto

Nesta primeira etapa, foram selecionados os materiais a serem utilizados no desenvolvimento dos compósitos, considerando a disponibilidade, propriedades físico-químicas e requisitos funcionais. Foram escolhidos como principais componentes fibrosos para elaboração de 3 protótipos:

### **Materiais - Alce porta-copos:**

*a) Borra de café:* Coletada em ambiente doméstico, foi submetida a secagem em estufa com circulação forçada de ar a 80°C por 24 horas, reduzindo sua umidade para ~5%.

*b) Lascas de pinus:* Resíduos de processamento de madeira encontrados na universidade, as lascas já estavam secas, e o material foi separado utilizando peneiras com malhas de diferentes tamanhos (0,5 a 2 mm).

### **Materiais - Estante Panetone:**

*a) Casca de ovo:* Coletada e passada por processo de lavagem sem detergentes e secagem natural, em temperatura ambiente (20° C) por 48 horas. O material foi, em seguida, triturado sob malha de diferentes tamanhos.

*b) Cascas de Laranja e Limão:* Resíduo doméstico dos estudantes, foi coletada e lavada sem detergentes. A secagem foi em forno com convecção, a 120° C, por 12 horas.

*c) Resíduo de Madeira Cambará:* Resíduo de processamento de madeira, encontradas na universidade, as fibras de cambará já estavam secas, e o material foi classificado granulometricamente utilizando peneiras com malhas de diferentes tamanhos (0,5 a 2 mm).

### **Materiais - Prateleira Café Caramelo:**

*a) Borra de café:* Coletada em ambiente doméstico, foi submetida a secagem em estufa com circulação forçada de ar a 80°C por 24 horas, reduzindo sua umidade para aproximadamente 5%.

*b) Resíduo de Poda Urbana:* Resíduo de processamento de poda urbana da cidade de Curitiba, as fibras e partículas já estavam secas e foram fornecidas pelo Laboratório de Materiais e Tecnologias Sustentáveis (DADIN-UTFPR).

*c) Resíduo de Madeira Cambará:* Resíduo de processamento de madeira, encontradas na universidade, as fibras de cambará já estavam completamente secas, e o material foi classificado granulometricamente utilizando peneiras com malhas de diferentes tamanhos (0,5 a 2 mm).

Para a obtenção dos compósitos de diferentes resíduos vegetais urbanos foi utilizada resina aglutinante PU mamona, apresentando menor impacto ambiental em comparação às resinas sintéticas convencionais. A proporção de resina utilizada na fabricação dos compósitos foi de 20%/fibra.

## 2.2 Fabricação dos compósitos

A segunda etapa consistiu na produção das placas de compósito, seguindo os seguintes passos:

### Fabricação Alce porta-copos:

a) **Preparação da mistura:** A resina foi combinada em um misturador, assegurando homogeneidade. As proporções utilizadas foram 60g (borra de café) + 60g (resíduos madeira pinus) + 36g (resina PU mamona). Para a fabricação desse protótipo foi necessário o total de 4 placas 10 mm x 150 mm x 150 mm

b) **Formação do colchão:** A mistura homogeneizada foi distribuída em um molde de madeira de 15 x 15 cm, formando um colchão. Em seguida, com a tampa de molde, foram pressionados para moldar o formato desejado.

c) **Prensagem:** O colchão foi submetido a prensagem em prensa hidráulica aquecida, sob pressão de 3,0t e temperatura de 110°C, por um período de 10 minutos.

d) **Acondicionamento:** Após a prensagem, as placas descansaram em temperatura ambiente por um período de 72 horas para estabilização das propriedades físicas.

Etapas ilustradas na Fig 1.



Figura 1: Preparação da mistura; formação do colchão e prensagem; compósito após a prensagem.

### Fabricação Estante Panetone:

a) **Preparação da mistura:** A resina foi combinada em um misturador, assegurando homogeneidade; as proporções utilizadas foram 50g (ovos) + 50g (resíduo madeira cambará)+ 25g (resina PU mamona). Para a fabricação desse protótipo foi necessário o total de 6 compósitos nas dimensões 10 mm x 150 mm x 150 mm

b) **Formação do colchão:** A mistura homogeneizada foi distribuída em um molde de madeira de 15 x 15 cm, formando um colchão. Em seguida com a tampa de molde foram pressionados para moldar o formato desejado.

c) **Prensagem:** O colchão foi submetido a prensagem em prensa hidráulica aquecida, sob pressão de 3,0t e temperatura de 110°C, por um período de 10 minutos.

d) **Acondicionamento:** Após a prensagem, as placas descansaram em temperatura ambiente por um período de 72 horas para estabilização das propriedades físicas.

A Fig 2 destaca aspectos das etapas de preparação das fibras bem como características visuais dos compósitos obtidos utilizando-se resíduos de casca de ovo, casca de laranja e limão e partículas de madeira cambará.



Figura 2: Preparação da mistura; Preparo do colchão para prensagem; Compósitos após prensagem.

### Fabricação Prateleira Café Caramelo:

a) **Preparação da mistura:** As proporções utilizadas foram 60g (borra de café) + 60g (resíduo de poda urbana) + 36g (resina PU mamona) = 152g para cada placa escura, sendo fabricados 4 compósitos nas dimensões 6 mm x 150 mm x 150 mm.

b) **Formação do colchão:** Para ambos os tipos de placa, a mistura homogeneizada foi distribuída em um molde de madeira de 19 x 19 cm, formando um colchão. Em seguida com a tampa do molde, o colchão foi pressionado para homogeneizar a superfície.

c) **Prensagem:** O colchão foi submetido a prensagem em prensa hidráulica aquecida, com folhas de teflon entre o compósito e o metal da prensa para evitar aderência da resina na superfície, sob pressão de 3,0t e temperatura de 110°C, por um período de 8 minutos.

d) **Acondicionamento:** Após a prensagem, as placas descansaram em temperatura ambiente por um período de 72 horas para estabilização das propriedades físicas.

A Fig 3 ilustra aspectos da preparação das fibras e características visuais dos compósitos obtidos com borra de café e resíduo de poda urbana.



Figura 3: Mistura de resina, borra de café e resíduo de poda urbana; compósitos finalizados

### 2.3 Obtenção dos protótipos

Na terceira etapa, as placas foram processadas para obtenção dos protótipos finais:

#### Prototipagem e usinagem Alce porta-copos:

a) **Protótipo:** Para elaboração do produto, foi feito um modelo paramétrico no Autodesk Fusion, atentando-se a espessura do material, sua funcionalidade e encaixes (Fig 4).

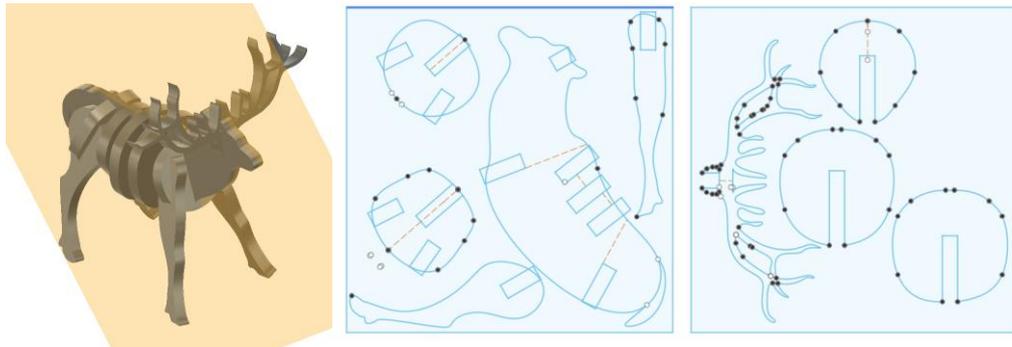


Figura 4: Modelo e Desenhos Técnicos do Alce no Fusion.

b) **Usinagem:** As placas que apresentaram melhor desempenho nos ensaios foram submetidas a processos de usinagem com o uso de uma Máquina Cortadora e Gravadora Laser Mafran modelo MF-1390 localizada no laboratório Fabtech da UTFPR Neoville. Testes para identificar a melhor configuração da máquina para o corte da chapa de 7mm foram realizados, considerando potências entre 30W a 90W, velocidades de avanço entre 10 mm/s à 30 mm/s. A configuração que obteve mais êxito foi a de 30 mm/s e 70W, pois foi capaz de cortar o material em um tempo curto e sem queimá-lo excessivamente (Fig 5).



Figura 5: Cortes profundos e leves queimaduras, usinagem com sucesso; Placa queimada, usinagem com falhas.

Nota-se a importância de identificar os efeitos da distância focal da lente, utilizada pela máquina laser, e um maior número de testes para encontrar diferentes parâmetros possíveis de corte destes materiais, buscando condições ideais para o protótipo final (Fig 6).

d) **Acabamento:** Os melhores protótipos receberam acabamento superficial com lixas de granulometria progressiva (150, 220 e 320), especialmente nas áreas em que laser cortou as peças, pois estas partes ficaram carbonizadas até uma profundidade de 1 mm da superfície.



Figura 6: Modelo final “alce porta copos”.

### Prototipagem e Manufatura Estante Panetone:

a) **Protótipo:** Para elaboração do produto, foi feito um modelo digital no software Blender, com checagem das medidas das placas para o produto final, e desenho técnico no Fusion 360 (Fig 7). Foi considerada as dimensões das placas e sua resistência mecânica percebida na fase de manufatura prévia.

b) **Montagem:** O tamanho do objeto foi adaptado às placas. Dessa forma, com a usinagem em serra tico-tico e lixamento, se obteve os tamanhos e fresas necessários para encaixes. A

montagem foi feita com resina vegetal de mamona, aplicada manualmente. A mamona foi também utilizada para dar o acabamento envernizado para o produto (Fig 8 e 9).



**Figura 7: Prototipagem com Modelo digital (Blender); Desenho técnico (Fusion 360).**



**Figuras 8: Montagem do produto com resina PU mamona para selagem superficial.**



**Figura 9: Modelo final “estante panettonne”.**

### Prototipagem e Manufatura Prateleira Café Caramelo

a) **Desenho:** Para elaboração do objeto, foram discutidas algumas opções de artefato de dimensões compatíveis com as placas produzidas, sendo definida a fabricação de uma prateleira de mesa, para organização de utilidades de papelaria e escritório. Foram feitos alguns rascunhos à mão livre para estimar o total de placas necessárias e após isso um esboço em 3D do produto final (Fig. 10).

b) **Usinagem:** Após a fabricação dos compósitos, foi feito o esquadreamento das mesmas utilizando a serra circular na modelaria da Universidade, resultando em medidas finais de 15cmx15cm em cada placa. A partir disso, cada peça foi usinada utilizando serra tico-tico e parafusadeira de bancada, desbastada e lixada conforme o projeto.

c) **Montagem:** As peças foram coladas em sua maioria com a resina de mamona utilizada na fabricação das placas, levando cerca de 24h para secagem em temperatura ambiente (Fig. 11).



Figura 10: Modelo 3D; Placas Usinadas.



Figura 25: Modelo final “Prateleira Café Caramelo”



### 3. Resultados

Os compósitos desenvolvidos a partir de borra de café e lascas de pinus apresentaram resultados promissores em termos de propriedades físico-mecânicas e aplicabilidade em produtos de design. Um maior teor de lascas de pinus resultou em materiais com maior densidade e possível melhor resistência mecânica. A partir das placas foi possível a criação de um suporte para copos em formato de alce, com design minimalista e funcional.

Por outro lado, o aumento na proporção de borra de café resultou em materiais mais leves, porém com menor resistência mecânica e maior sensibilidade à umidade. A microestrutura observada revelou que as partículas de café, por serem mais finas e arredondadas, apresentam menor entrelaçamento entre si, resultando em menor coesão do material.

O resultado do compósito a partir de cascas de ovos, laranja e limão mostrou alta resistência mecânica, percebida na etapa de montagem das placas, as quais ofereceram dificuldade no processo de encaixe por sua durabilidade. Ao longo do processo de preparo do material e manufatura das placas, se percebeu propriedades organolépticas acentuadas no cheiro da laranja e do limão que, mesmo após um longo período de manipulação do produto.

A fim de testar a medida em que propriedades de resistência, peso, espessura e propriedades sensoriais apareceriam de acordo com os materiais, cada placa foi produzida com diferentes proporções de ovos, laranja e limão e diferentes graus de granulação. A base da estante possui uma mistura de resíduo de camará com laranja e limão que obteve um aroma acentuado, motivo pelo qual, junto à aparência final, cunhamos o modelo de “Panetone”; já as placas feitas de ovos obtiveram maior resistência mecânica, aplicadas no eixo horizontal da estante.

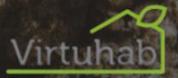
O projeto da Prateleira Café Caramelo transcorreu sem dificuldades durante a fabricação das placas, entretanto, surgiram desafios na etapa de montagem do organizador. Durante o lixamento, algumas junções se soltaram e precisaram ser refeitas. Isso indica a necessidade de estudar formas alternativas de união, como o uso de encaixes ou reforço mecânico. Contudo, o resultado do objeto foi satisfatório esteticamente e funcionalmente, e indica o potencial dos compósitos para fabricação de outros artefatos que reaproveitam os resíduos domésticos e urbanos.

### 4. Conclusão ou Considerações Finais

O presente trabalho demonstrou a viabilidade técnica do desenvolvimento de compósitos a partir de resíduos biodegradáveis domésticos e industriais, aglutinados com resina vegetal. Os protótipos desenvolvidos, como "Alce Porta Copos", “Estante Panetone” e a “Prateleira Café Caramelo”, evidenciam o potencial de aplicação desses materiais em produtos de design, combinando funcionalidade, estética e sustentabilidade.

As análises físico-mecânicas revelaram que a proporção entre os componentes fibrosos influencia significativamente as propriedades finais do compósito, permitindo o ajuste da composição conforme a aplicação desejada. O processo de manufatura também mostrou a permanência de propriedades organolépticas mesmo após dias manipulando os protótipos.

Os principais benefícios ambientais identificados incluem o aproveitamento de resíduos que seriam descartados, a redução na emissão de CO<sub>2</sub> durante a produção e a biodegradabilidade do material ao final de seu ciclo de vida. Estes atributos estão alinhados com os princípios de



economia circular e desenvolvimento sustentável, contribuindo para a redução da pressão sobre recursos naturais não renováveis.

Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se a investigação de tratamentos superficiais para melhorar a resistência à umidade, a exploração de outras fontes de resíduos agroindustriais, o desenvolvimento de processos de produção em maior escala e o estudo mais aprofundado do uso de máquinas CNC para a usinagem destes materiais. Os resultados obtidos com a configuração de 70W e 30 mm/s exploraram a viabilidade do corte a laser em materiais compostos à base de poliuretano de mamona, café e madeira. Eventuais queimaduras superficiais observadas indicam a necessidade de otimização adicional, especialmente em relação à distância focal da lente.

Além disso, estudos sobre a aceitação mercadológica e a percepção de valor desses produtos pelo consumidor poderiam fornecer insights valiosos para sua comercialização. Este trabalho busca contribuir para o avanço do conhecimento sobre materiais compósitos sustentáveis, oferecendo alternativas viáveis para a substituição parcial de materiais convencionais em aplicações específicas de design, promovendo assim práticas mais alinhadas com os princípios da sustentabilidade ambiental urbana e Eco-Design.

## Referências

- BAXTER, M. R. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos** - 2 ed. - São Paulo: Blucher, 2000.
- BRESSIANI JR, I.; KEINERT, A. C.; ELLENBERGER, A.; BELINI, U. L. **Fibras Vegetais E Compósitos Na Indústria Automotiva**. MIX Sustentável, v. 6, n. 4, p.129-138, ago. 2020.
- PAZMINO, A. V. Uma reflexão sobre Design Social, Eco Design e Design Sustentável. **I Simpósio Brasileiro de Design Sustentável**. Curitiba, 2007.