

Estudo exploratório da usinagem do compósito com carga de resíduos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) em matriz poliuretana vegetal para fins de Design.

*Exploratory Study on the Machining Possibilities of the Composite Reinforced with Red Angico (*Anadenanthera macrocarpa*) Waste in a Plant-Based Polyurethane Matrix for Design Purposes.*

Ana Karla de Oliveira Freire, Docente, UFCG

ana.karla@professor.ufcg.edu.br

Victor Renê Cabral de Farias, Mestrando, UFCG

renekbral@gmail.com

[03] Materiais alternativos e inovações tecnológicas.

Resumo

Este artigo tem por objetivo descrever um estudo exploratório sobre as potencialidades de usinagem tradicional e uso no design do compósito formado por resíduos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) como carga em matriz poliuretana derivada do óleo da mamona (*Ricinus communis*). O resíduo de angico-vermelho é oriundo do processo de curtimento do couro da Cooperativa Arteza, localizada no Distrito de Ribeira, município de Cabaceiras, Paraíba. Este artigo representa parte de uma pesquisa de mestrado voltada para o cenário de ações do design de transição para a sustentabilidade, mais especificamente na proposição de um material compósito que utiliza resíduos do cenário ambientalmente preocupante dos curtumes. Desta forma, o compósito desenvolvido seguiu princípios do design orientado por materiais, metodologia conhecida pelo termo Material Driven Design (MDD), ressignificando uma matéria considerada sem sentido ao explorar suas possibilidades materiais e sensoriais com possíveis aplicações no design de artefatos. O objetivo é promover um design ecoeficiente que aproveite recursos naturais, ressaltando a importância dos materiais compósitos, em particular aqueles produzidos com resíduos agroindustriais, para criar soluções de menor impacto ambiental aplicáveis nas áreas de design, arquitetura e construção civil. O uso de resíduos de angico-vermelho e da resina de mamona contribui para o entendimento do potencial de materiais locais e regionais como caminho possível na construção do desenvolvimento sustentável na contemporaneidade.

Palavras-chave: compósito, resíduos, design, usinagem, angico-vermelho.

Abstract

*This article aims to describe an exploratory study on the potential of traditional machining and applications in design of a composite formed by residues of angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) as filler in a polyurethane matrix derived from castor oil (*Ricinus communis*). The angico-vermelho residue originates from the leather tanning process at the Arteza Cooperative, located in the District of Ribeira, municipality of Cabaceiras, Paraíba. This article represents part of a master's research focused on the scenario of transition design actions for sustainability, more specifically on the proposition of a composite material that uses residues from the environmentally concerning context of tanneries. Thus, the developed composite followed the principles of Material Driven Design (MDD), a methodology that places materials at the center of the creative process, resignifying a substance considered meaningless by exploring its material and sensorial possibilities with potential applications in artifact design. The objective is to promote eco-efficient design that harnesses natural resources, highlighting the importance of composite materials, particularly those produced with agro-industrial residues, in creating lower environmental impact solutions applicable to the fields of design, architecture, and civil construction. The use of angico-vermelho residues and castor-oil-based resin contributes to the understanding of the potential of local and regional materials as a viable path for building sustainable development in contemporary times.*

Keywords: composite, waste, design, machining, angico-vermelho

1. Introdução

O desmatamento de florestas nativas no Brasil permanece como um grave desafio ambiental, apesar do fortalecimento de políticas públicas e do crescimento do reflorestamento comercial voltado à produção de painéis como MDF e MDP. Conforme observado, o plantio de espécies exóticas como eucalipto e pinus não compensa a perda dos ecossistemas na Amazônia, no Pantanal e na Mata Atlântica. Diante desse cenário, a reutilização de resíduos de madeira para a fabricação de compósitos surge como uma alternativa sustentável para o design, a arquitetura e a engenharia, reduzindo o descarte inadequado e a pressão sobre florestas nativas.

A presente pesquisa foca no reaproveitamento de resíduos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) provenientes do curtimento de couro da Cooperativa Arteza, em Cabaceiras, Paraíba. Esse resíduo é tratado como matéria-prima para um compósito de matriz polimérica derivada de recursos naturais. Teoricamente, essa abordagem se fundamenta na ideia de que materiais residuais perdem seu sentido como matéria-prima e tornam-se lixo (Cardoso, 2012). No entanto, o design tem o poder de reinseri-los no ciclo produtivo, pois o material é parte ativa na comunicação de narrativas que impactam a percepção do usuário (Ashby & Johnson, 2010).

Dessa forma, o papel do designer torna-se central nesse processo devido à exigência de uma 'visão sistêmica' ou 'holística' (Manzini & Vezzoli, 2002; Straioto, 2017). Essa competência permite analisar o ciclo de vida do projeto, desde a idealização até a possível reintegração ao ciclo produtivo, alinhando-se aos preceitos do design de transição para a sustentabilidade.

O estudo em questão, derivado de uma pesquisa de mestrado, apresenta a fabricação de um compósito que utiliza o resíduo de angico-vermelho em uma matriz de poliuretana à base de óleo de mamona (*Ricinus communis*). A metodologia aplicada é uma adaptação do *Material Driven Design* (MDD), desenvolvido por Karana et al. (2015), que propõe o desenvolvimento do projeto a partir das características intrínsecas do material. Assim, os estudos de usinagem realizados que se concentram na fase 1 e parte da fase 2 da metodologia, cujos resultados e parâmetros são fundamentais para compreender a trabalhabilidade do material, buscando assim orientar as reflexões sobre as potencialidades desse novo compósito para aplicações práticas no campo do design.

Neste contexto, a pesquisa objetiva a análise dos resíduos de angico-vermelho como carga/reforço em matriz poliuretana de origem vegetal derivada do óleo de mamona, representando desta forma, um compósito alternativo. Portanto o estudo visa responder o seguinte questionamento: Qual o cenário de viabilidade de uso do compósito formado por resíduos de angico em matriz poliuretana vegetal para fins de design sustentável? Dessa forma, o estudo visa proporcionar sentido ao material descartado (resíduo de angico-vermelho), ao utilizá-lo como matéria-prima para o desenvolvimento de um eco compósito, além de analisar suas características físicas, mecânicas e sensoriais para fins de design.

2. Referencial Teórico

Callister & Rethwisch (2016) caracterizam os ‘compósitos’ como um material proveniente da mistura de dois ou mais materiais, formados por pelo menos uma matriz e uma fase dispersa, conforme a Figura 1. Matriz trata-se do material que envolve a mistura, podendo ser cimentícia, polimérica, cerâmica ou metálica. Já a fase dispersa pode ser considerada em duas classificações: 1. carga, servindo para adicionar volume ao compósito pouco afetando sua estrutura física, mas melhorando outras propriedades como acústica e estética; e 2. Reforço, servindo para adicionar estrutura ao compósito, geralmente sendo aplicada produtos estruturais devido a melhoria das propriedades físicas do compósito.

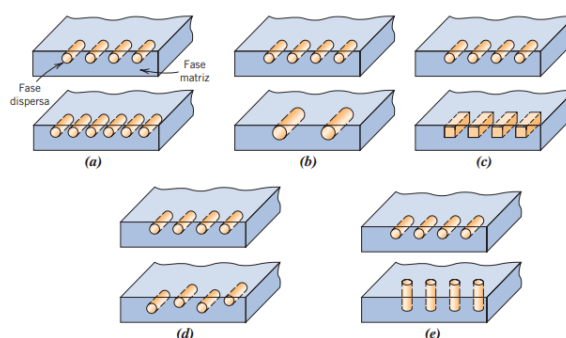


Figura 1. Representações esquemáticas das várias características geométricas e espaciais das partículas da fase dispersa que podem influenciar as propriedades dos compósitos: (a) concentração, (b) tamanho, (c) forma, (d) distribuição e (e) orientação. Fonte: Callister (2016).

Dessa forma, os autores explicam que o princípio básico de um compósito é a ação combinada, da qual o material oriundo da mistura deve apresentar melhoria nas suas características físicas a partir da união dos seus constituintes, como exemplo: resistência e leveza. Essas misturas são previamente classificadas na caracterização do compósito, como apresentado na Figura 2.

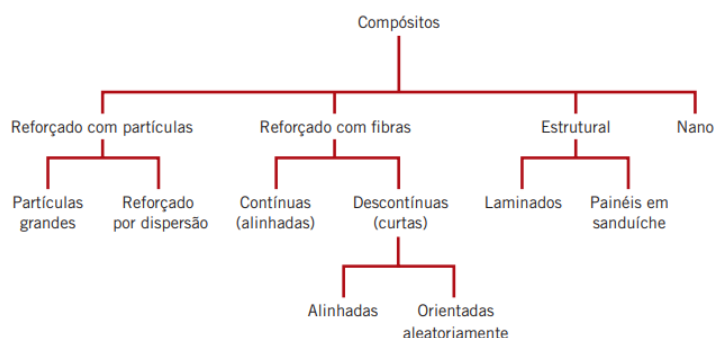


Figura 2. Esquema de classificação para os vários tipos de compósitos discutidos neste capítulo. Fonte: Callister (2016).

De acordo com a Figura 2, o compósito aqui estudado caracteriza-se como: **Compósito reforçado com partículas em dispersão e com fibras descontínuas orientadas aleatoriamente** e, nesse contexto, ele tem como sua fase dispersa os resíduos de cascas de angico-vermelho provenientes do curtume, o qual foi trabalhado em duas granulometrias diferentes: fundo de peneira granulométrica ABNT 50 μm (pó) e o que foi retido por essa

peneira (lascas maiores). Assim, é importante destacar que para este estudo a fase dispersa é considerada como carga, pois até o momento não houve ensaios técnicos para o estudo de suas propriedades físicas (tração, flexão e compressão etc.). Como fase matriz, foi utilizado a resina poliuretana bicomponente à base do óleo de mamona (*Ricinus communis*) disponibilizada pela Kehl Ind. e Com. Ltda. – ME, especificamente o sistema ‘KDG1909’.

A matriz foi considerada primeiramente devido a sua origem renovável que, por mais que detenha cerca de 2% de petrolato, apresenta-se menos impactante que outras resinas totalmente sintéticas. Além disso, a resina por ser atóxica, permite um trabalho facilitado, por não emitir vapores tóxicos. Não necessita de tecnologias avançadas e maquinários muito específicos, sendo necessário apenas o molde e uma prensa para a conformação do compósito, pois a resina de mamona é expansiva e necessita de compressão para manter sua estabilidade formal.

Os resíduos da casca de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) foram selecionados por serem um material abundante, descartado diariamente em grandes quantidades pela Cooperativa Arteza. De acordo com o CICB – Centro das Indústrias de Curtumes do Brasil (2025) e Junior (2021), são produzidas anualmente cerca de 45 milhões de peles por 214 curtumes certificados no território brasileiro, sendo o Brasil o 5º maior exportador do mundo fornecendo o material para cerca de 80 países. Deste montante são encontradas peles de diversos animais, como: bovinos, ovinos, caprinos, de peixes e avestruz; das quais a produção é representada em diferentes proporções nas regiões brasileiras.

Paes (2013) infere que a Região Nordeste é pioneira no uso de taninos vegetais extraídos da casca do angico-vermelho para o processo de curtimento do couro em substituição aos sais de cromo que são considerados altamente poluentes. Sartori et al. (2014) explica que os taninos vegetais são classificados como compostos fenólicos, substâncias essas amplamente utilizadas para o curtimento do couro devido sua capacidade pigmentante, antisséptica e “de se associar e de se combinar com proteínas e com certos polióis.” (Sartori et al. 2014, p. 395).

Paes (2013) explica que os taninos são extraídos das cascas de angico-vermelho por meio da imersão em uma solução de água quente e sais minerais, dessa forma a pele limpa é submersa nesse ‘chá’ absorvendo os taninos liberados na água. Segundo o autor só na Arteza – curtume localizado em Cabaceiras – PB, são necessárias cerca de 200 toneladas de cascas de angico-vermelho ao ano para suprir a demanda de produção do couro, o que em consequência representa um dano exponencial, já que uma árvore de angico-vermelho produz em torno de 25kg de cascas por ciclo, dessa forma referindo-se a 8.000 árvores anualmente. Esses dados representam uma grande quantidade de resíduos provenientes desse processo, pois até o momento não há informações sobre o descarte do resíduo pós curtimento de forma correta.

De acordo com Sartori et al. (2014) e Coradin (2018) o potencial comercial do angico-vermelho para o curtume está nas suas cascas onde existe a maior concentração de taninos. Os autores explicam que as cascas são extraídas sem a necessidade de matar a planta, como na extração da canela em pau onde apenas a camada mais externa da árvore é explorada. Entretanto, existem questões quanto a extração, pois por não existir regulamentação da atividade alguns produtores extraem as raízes que também possuem grandes quantidades de taninos, porém sua extração acarreta a morte da planta.

A PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305/2010 sancionada em 02 de agosto de 2010, institui que todo indivíduo, seja ele pessoa física ou jurídica, são responsáveis pelo descarte adequado dos resíduos produzidos com o intuito de minimizar ao máximo os impactos ambientais. Em resumo, a lei objetiva cinco pontos: 1. Minimizar a geração de resíduos; 2. Priorizar a reutilização e a reciclagem; 3. Promover a logística reversa; 4. Incentivar a responsabilidade compartilhada; e, 5. Eliminar os lixões a céu aberto. Em 2022 a PNRS sofreu uma atualização no seu texto com o Decreto nº 10.936/2022, do qual foi instaurado o Programa Nacional de Logística Reversa – PNLR, relacionado ao movimento das governanças para incentivar o setor privado a gerenciar a sua produção de resíduos, oferecendo incentivos que objetivam facilitar o emprego de economias criativas e circulares, além da redução de impactos ambientais.

Portanto, o compósito aqui apresentado e discutido utiliza um resíduo que detém uma narrativa relacionada a produção manufaturada de couro na caatinga e a sobrevivência da população, bem como a preocupação do curtume com a eliminação de processos impactantes ao meio ambiente e a transição para o design com uma materialidade menos impactante. No geral, relacionando Manzini & Vezzoli (2002) a Vezzoli (2010) é possível entender que o estudo e trabalho com resíduos provenientes de APL's – Arranjos Produtivos Locais, torna-se uma oportunidade para o desenvolvimento sustentável, suprimindo necessidades ambientais e de mercado e valorizando populações participantes das ações.

3. Procedimentos Metodológicos

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo exploratório, com análise de dados qualitativos colhidos a partir da adaptação das fases 1 e 2 da metodologia MDD – *Material Driven Design*, na forma de ensaios de usinagem descritos na ASTM D – 1666-87. Karana et al. (2015) citam que o material pode ser o ponto de partida para decisões projetuais no design, pois a partir do método MDD – *Material Driven Design* (Design orientado pelo material), o designer é capaz de compreender a devida aplicação do material por meio do estudo das experiências que ele comunica ao usuário. De acordo com a autora existem três cenários possíveis para a aplicação do MDD (Figura 3), os quais definem as atividades que serão aplicadas dentro da metodologia.

Cenários do MDD		
Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Material conhecido	Material desconhecido	Material desconhecido
Amostras desenvolvidas	Amostras desenvolvidas	Amostras semidesenvolvidas
Designer busca novas áreas de aplicação	Designer busca estudar áreas de aplicação e significados;	Designer busca definir propriedades e estudar áreas de aplicação.

Figura 3: Cenários de aplicação para a metodologia MDD. Fonte: Autor.

O estudo se encontra no cenário ‘3. Material desconhecido com amostras semidesenvolvidas’, o qual demonstra que o processo de concepção do compósito se deu a partir da experimentação do design e buscou entender por meio dos resultados quais aplicações podem citadas a partir das suas características. Deste modo, o MDD é uma metodologia que se divide em 4 etapas (Figura 4), sendo cada fase dependente de métodos próprios para a obtenção de resultados que influenciam na percepção das fases subsequentes. De forma que, como um exemplo, a percepção acerca do material em relação ao seu grupo (madeiras, polímeros, metais, cerâmicas etc.) na etapa 1 influencia diretamente os testes, ensaios e visualização de aplicações necessários para a etapa 2, 3 e 4.



Figura 4: Representação esquemática das etapas do MDD. Fonte: Boratto (2024), p. 98.

Esta pesquisa adapta o método MDD, focando nas fases 1 e 2: ‘Entendendo o material’ e ‘Visualizando a experiência material’, respectivamente. Essas etapas desdobram-se na caracterização física e experiencial, por meio da percepção das suas características durante a construção, manipulação da placa de compósito (peça piloto) e sua usinagem em equipamentos de marcenaria tradicional. Vale salientar que para resultados mais precisos a etapa 2 deverá contar com ensaios técnicos para caracterização físico e mecânica do material, entretanto a pesquisa pretende seguir por métodos simplificados, buscando, por meio da observação dos resultados empíricos a percepção do designer para uma visualização prévia da experiência do material e possíveis usos.

Os processos de usinagem aqui apresentados foram adaptados da Norma ASTM – D 1666-87, a qual refere-se marcenaria tradicional e estipula os seguintes testes para a obtenção de resultados: Corte em serra de fita; Rasgo em serra circular de bancada; Teste de abrasão com lixa de madeira de granulometria 80 em lixadeira de disco; Torneamento; Furação por broca helicoidal e broca chata passante; Fendilhamento com prego e arranque.

3.1 Materiais

Para um melhor entendimento, esta fase será descrita a partir dos materiais utilizados para o experimento, discriminando a fase dispersa e a fase matriz que compõe o compósito estudado. Essa peça foi fabricada para analisar as propriedades iniciais do material e sua viabilidade para a pesquisa.

3.1.1 Resíduo de casca de angico-vermelho oriundo da Cooperativa Arteza

Os resíduos da casca de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) foram coletados na sede da Cooperativa Arteza, localizada no Distrito de Ribeira, zona rural de Cabaceiras, Paraíba (Latitude -7.414097434734321; Longitude -36.36582039999999). O material, que não recebeu nenhum tratamento após o processo de curtimento, como mostra a Figura 5, foi embalado em sacos plásticos de 50 litros. Em seguida, foi transportado para a Universidade Federal de Campina Grande e armazenado na oficina de modelos do Curso de Design.



Figura 5: Resíduo de cascas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) utilizados no processo de curtimento do couro animal. Fonte: Autores.

3.1.2 Resina poliuretana derivada do óleo de mamona

A resina poliuretana utilizada como matriz para este estudo é bicomponente, contendo um polioli e um pré-polímero. O polioli é proveniente da polimerização do óleo de mamona, enquanto o pré-polímero é sintetizado a partir do difenilmetano diisocianato (MDI) e pré-polimerizado com um polioli também derivado do óleo de mamona. Fornecido pela Kehl Ind e Com Ltda – ME, o material é conhecido como ‘KDG1909’ e é disposto em dois galões separados, um para o polioli e outro para o pré-polímero com as seguintes características apresentadas no Quadro 1:

Quadro 1: Caracterização das fases da resina de mamona Kehl Ind.

Componente	Polioli	Isocianato
Nome	KDG1909 Componente B	KDG1909 Componente A
Densidade (25°C)	1,24g/cm ³	1,18g/cm ³
Viscosidade (25°C)	1000 cPs	196 cPs
Temperatura de armazenagem	15-35°C	15-45°C
Validade	6 meses	6 meses
Aparência	Amarelado	Líquido marrom

Fonte: Adaptado de <https://www.kehl.ind.br/>. Acesso em: 10/01/2026.

3.2 Técnicas

Aqui serão apresentados os meios e ferramentas utilizados nos processos de preparação da fase dispersa do compósito, fabricação da placa piloto e usinagem por meio da adaptação à Norma ASTM – D 1666-87.

3.2.1 Fabricação das placas do compósito

A preparação do material segue a lógica projetual de Oliveira (2011) seguindo a ordem mostrada na Figura 6. As etapas ocorreram em laboratórios dispostos no Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, sendo eles: laboratório de modelos da Unidade Acadêmica de Design – UAD, e o Laboratório de Solos pertencente ao curso de Engenharia Civil.



Figura 6: Esquema visual das etapas para a preparação da fase dispersa. Fonte: Autores.

Em um primeiro momento o material foi submetido ao processo de secagem em estufa aquecida a 70°C por cerca de 24 horas – a secagem tornou possível a moagem de forma facilitada devido a perda de umidade. Após o processo de secagem ele foi deixado exposto à temperatura ambiente por cerca de 15 minutos para resfriamento e, em seguida, armazenamento em sacos plásticos com fechamento hermético. O material foi triturado em um liquidificador doméstico – Mondial Easy Power L-550w, por cerca de 3 minutos na velocidade 1, sendo disposto em porções de cerca de 80g até processar o montante de 526g.

Após o processo de tritura o resíduo passou por peneiras granulométricas de 30 e 50 µm, conforme numerado pela ABNT (30 e 50). Deste modo, foi separado o material que a peneira de 50 µm reteve – e o material que passou pela peneira granulométrica de 50 µm. Assim, ele foi separado em duas granulometrias, as quais foram armazenadas em sacos herméticos com pesos anotados e a quantidade de material discriminada a seguir:

- 233g do resíduo de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) referente ao fundo de peneira de 50 µm (compósito reforçado com partículas em dispersão);
- 194g do resíduo de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) retido pelas peneiras de 30 µm e 50 µm (Compósito reforçado com fibras descontínuas orientadas aleatoriamente).

Para o início do processo de fabricação das placas piloto, seguindo o esquema apresentado na Figura 7, os sacos 1 e 2 – fundo de peneira e retido pela peneira, respectivamente, foram novamente expostos à secagem em estufa, em bandejas separadas, por cerca de 2 horas. Salienta-se que a decisão de fabricar dois tipos de placa piloto foi tomada a partir das duas granulometrias obtidas, buscando placas com aspectos diferentes em sua carga.

Fabricação da placa piloto

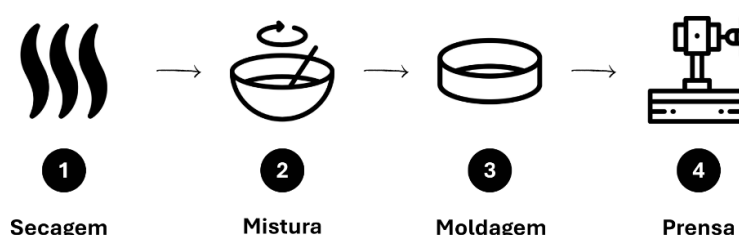


Figura 7: Demonstração da ordem e etapas para a fabricação da placa piloto. Fonte: Autores.

Na fabricação da placa 1, proveniente do fundo de peneira 50 mm, foi preparada a mistura dos componentes A e B da resina de mamona, na proporção 1:1 de seus componentes, sendo 60g do poliol e 60g do pré-polímero. Os 120g de resina de mamona foram misturados a 233g de resíduos de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) na menor granulometria (pó) seguindo assim uma proporção aproximada de 2:1. Em seguida, mistura foi vertida em um molde com tampa, em compensado naval com medidas internas de 200x140x20 mm (sendo revestido com filme plástico adesivo para facilitar a desmoldagem). O mesmo processo se deu na fabricação da placa 2, da qual foram misturados 100g da resina de mamona com 194g de resíduos de angico-vermelho em granulometria de fibras, seguindo novamente uma proporção de 2:1. Após a moldagem, ambas as placas foram submetidas a prensa manual por cerca de 24 horas e retirada do molde para a cura total em ambiente aberto, a qual se deu após 48 horas de estabilização e expansão da mistura.

3.2.2 Usinagem

Os testes de usinagem ocorreram no laboratório pessoal do Prof. Dr. Luiz Felipe de Almeida Lucena, docente da Unidade Acadêmica de Design – UAD, baseando-se nos ensaios apresentados por Filho (2010) que adaptou a ASTM – D 1666-87. Para as etapas de usinagem foram utilizados os equipamentos descritos a seguir (Figura 8):

Ensaio de usinagem - Marcenaria tradicional

Corte	Rasgo	Teste de abrasão	Torneamento	Furação	Fendilhamento por prego e arranque
 Serra de fita Makita LB-1200F	 Serra circular de bancada Dewalt DWE-7492 220w	 Lixadeira de disco Lixadeira Circular 750w Manrod MR-44	 Torno mecânico Manrod MR-1218 ^a	 Furadeira de bancada industrial Schulz 5/8 1cv 16level FSB16 Tork	Prego de madeira genérico Martelo
Serra Starret para metais com 24 dentes intertravados por polegada	STA7770 - Serra de disco de vídeo 10" e 3 mm de espessura, com 60 dentes com 10 mm de profundidade de corte	Lixa para madeira granlo 80	Sem contraponto; Passo 1: 880 RPM $\pm$ 5 RPM; Passo 2: 1050 RPM $\pm$ 5 RPM; Passo 3: 1500 RPM $\pm$ 5 RPM.	Broca helicoidal: 10 mm e 6mm, ambas com geometria de corte em 60°; Broca chata passante: 1" e 5/8".	2 furos, cada um com 2 batidas.

Figura 8: Testes de usinagem – marcenaria tradicional adaptado da ASTM – D 1666-87. Fonte: Autores

4. Resultados e discussões

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos na aplicação da primeira etapa do método MDD – *Material Driven Design*, representando a caracterização técnica e sensorial do material. Após o processo descrito anteriormente, foram obtidas duas placas piloto de compósito, que para os testes de usinagem foram subdivididas em 3 placas cada, conforme caracterizado na Figura 9:

Material: placas do compósito nas medidas de 140x65x20 mm.	Placa 1: granulometria < 50mm	3x placas 65x140 mm do compósito com granulometria < 50 mm.	Compósito reforçado com partículas em dispersão
	Placa 2: granulometria > 50mm	3x placas 65x140 mm do compósito com granulometria > 50 mm.	Compósito reforçado com fibras descontínuas orientadas aleatoriamente

Figura 9: Caracterização das placas obtidas. Fonte: Autores.

4.1 Percepções acerca do material

Os resultados expõem as considerações dos autores, bem como a percepção do professor Dr. Luiz Felipe de Almeida Lucena quanto ao material e seu comportamento na usinagem, sua experiência visual e questões relacionadas à taticidade. Neste contexto, a partir da manipulação do compósito foi possível percebê-lo como um material similar aos derivados de

madeira, como MDF e MDP, demonstrando certas características superiores como resistência ao risco e leveza quando comparado aos materiais citados.

As características de ambas as placas se mostraram interessantes do ponto de vista da visualidade. A placa 1, em particular, com angico-vermelho de menor granulometria, apresentou uma textura homogênea. Essa uniformidade visual impediu que se distinguísse a matriz da carga com exatidão, resultando em uma aparência que remete a materiais como terra, rocha ou borra de café compactada, conforme apresentado na Figura 10a. Em contraste, a placa 2 apresentou uma textura heterogênea que facilita a distinção entre a carga e a matriz. A aparência se assemelha bastante ao granito âmbar, mas, ao ser analisada em detalhe, é possível identificar as partículas da madeira, como evidenciado na Figura 10b.

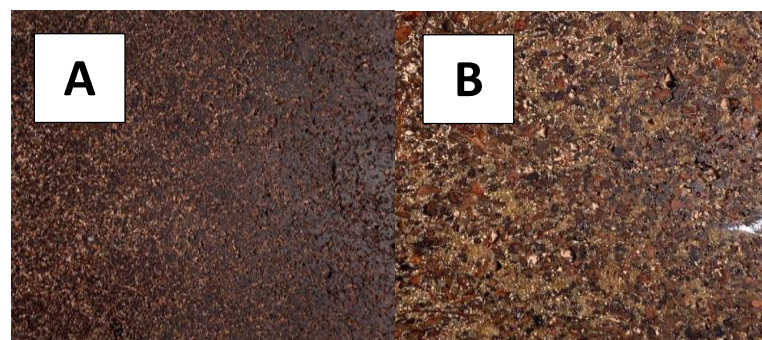


Figura 10: a. Aspecto visual da Placa 1; b. Aspecto visual da Placa 2. Fonte: Autores.

Para uma melhor visualização da experiência do material, sendo essa parte da metodologia MDD, foram desenvolvidos painéis semânticos que demonstram a relação entre a textura dos compósitos e produtos, ambientes e materiais que ele comunica. Na Figura 11, referente a placa 1, o painel semântico destaca materiais como compósito à base de borra de café, rocha vulcânicas e rochas ferrosas, as quais possuem similaridades visuais nas texturas e cores. Já na Figura 12, referente a placa 2 demonstra similaridades com rochas sedimentares como o granito âmbar, compósitos à base de borra de café, e farelos de resíduo agrícola. Esses materiais apresentados como visualmente similares são presentes em ambientes neo industriais, que prezam pelo brutalismo moderno, mas com intervenção do ‘urban jungle’ – selva urbana, conceito criado para associar o rústico industrial e o botânico. É importante salientar que parte dessas aplicações utilizam o material com seu potencial máximo, ou seja, visual e estrutural, já outras aplicações são puramente visuais utilizando das texturas para revestimentos e decorações.

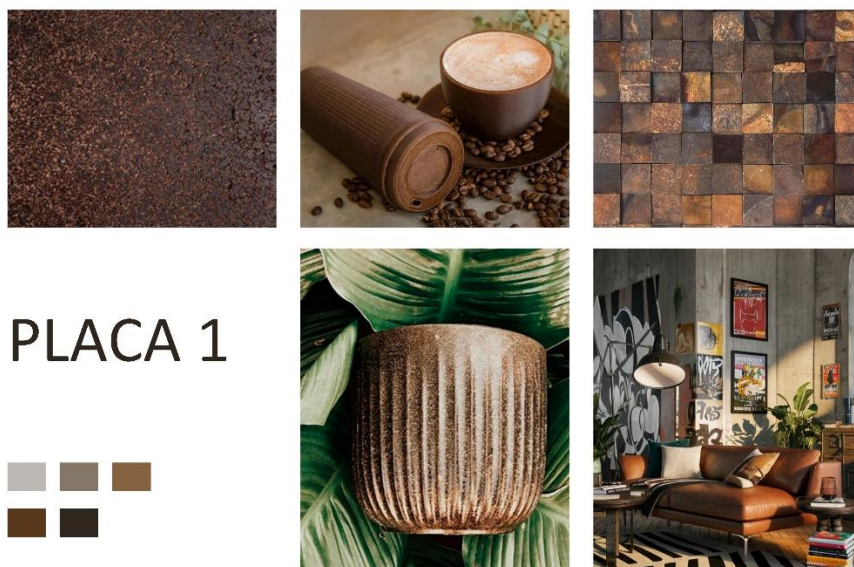


Figura 11: Pannel semântico da placa 1. Fonte: Autores.

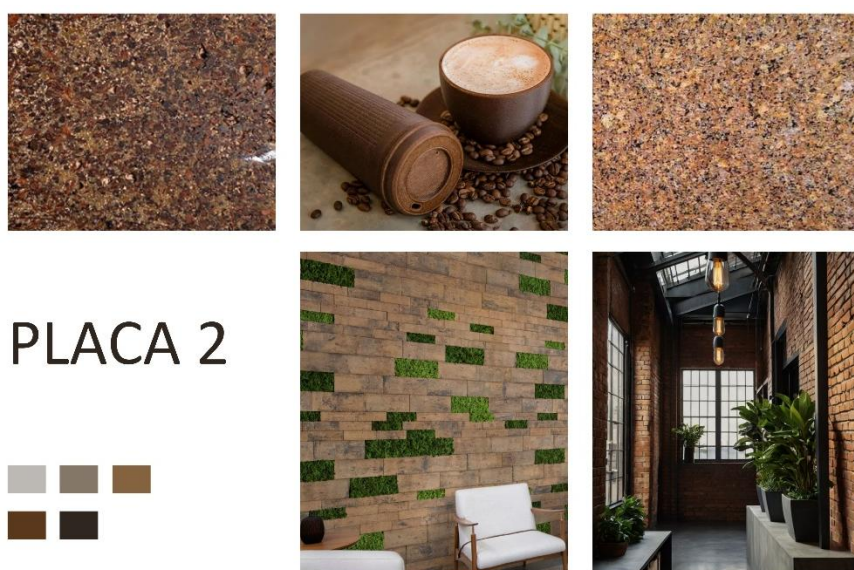


Figura 12: Pannel semântico da placa 2. Fonte: Autores.

Utilizando-se da metodologia de Silva e Oliveira (2021) as características táteis e visuais do material, discriminadas nas Figuras 13 e 14, o tornam uma opção promissora para aplicações em design, especialmente no campo decorativo ou peças que não requeiram inicialmente resistência estrutural alta. Para que seu uso seja expandido, no entanto, é essencial realizar testes mecânicos mais aprofundados, como os de tração, compressão e flexão (etapas futuras do estudo). Esses ensaios fornecerão dados que permitirão comparar o material com os que já existem no mercado e suas potencialidades de uso. Portanto, até o momento, o compósito é mais indicado para revestimentos de paredes internas, acabamentos de móveis e, em espessuras adequadas, para tampos de móveis.

Tátil	Visual
Liso com pequenos detalhes quando adensado à prensa, mas pode apresentar irregularidades caso não haja o processo de adesamento	Opaco
Sem flexibilidade	Fosco (com superfície do molde fosca)
Rígido	Brilhoso (com superfície do molde polida)
Leve	Brilhante (quando exposto à luz solar)
Resistente ao risco	Pesado
Aspecto liso, semelhante a pedra vulcanica ou borra de café.	Cor terrosa e homogênea

Figura 13: Atributos táteis e visuais da placa #1. Fonte: Autores.

Tátil	Visual
Liso com pequenos detalhes quando adensado à prensa, mas pode apresentar irregularidades caso não haja o processo de adesamento	Opaco
Sem flexibilidade	Fosco (com superfície do molde fosca)
Rígido	Brilhoso (com superfície do molde polida)
Leve	Brilhante (quando exposto à luz solar)
Resistente ao risco	Pesado
Aspecto de granito quando apresenta a superfície polida para alto brilho	Cor terrosa e heterogênea

Figura 14: Atributos táteis e visuais da placa #2. Fonte: Autores.

4.2 Resultados da Usinagem

O compósito de angico-vermelho teve um desempenho promissor nos vários equipamentos utilizados para usinagem. No corte em serra de fita, ambas as placas se comportaram bem, sem trincas ou resíduos excessivos, e mantiveram a estabilidade dimensional, conforme demonstrado na Figura 15a e Figura 15b. Da mesma forma, no teste de rasgo em serra circular, foi possível criar encaixes macho-e-fêmea, indicando potencial para uniões mecânicas (Figura 16). Neste processo foi possível efetuar a laminação do compósito de maneira a atingir uma espessura de 0,66 mm mantendo sua estrutura, apresentado na Figura 17.



Figura 15: a. Processo de corte da placa piloto em serra de fita; b. Amostras com cortes feitos.
Fonte: Autores.



Figura 16: Amostras submetidas ao teste de rasgo. Fonte: Autores.



Figura 17: Laminação do compósito a 0.66mm. Fonte: Autores.

Os testes de acabamento de superfície (lixa e polimento) também foram positivos. No lixamento/polimento, as placas submetidas a lixadeira circular equipada com lixa para madeira de grão 80 se desgastaram de forma homogênea. Na etapa de furação, as placas mantiveram a estabilidade dimensional sem levantar farpas ou criar fissuras, conforme apresentado na Figura 18. Por fim, os testes de fendilhamento com pregos demonstraram que o material tem alta resistência à perfuração e à remoção de pregos.



Figura 18: Furos feitos no compósito (placa 1 e 2) com broca passante e broca helicoidal. Fonte: Autores.

A única diferença significativa entre as placas ocorreu no torneamento. A placa #1 resistiu até 1500 RPM (Figura 19a), enquanto a placa #2 se rompeu a 880 RPM (Figura 19b). Acredita-se que essa variação no resultado foi causada pelo tamanho maior dos grânulos da placa #2 e por uma menor compactação no molde devido as bolhas de ar que o uso do resíduo de maior granulometria (fibras mais longas) pode gerar na placa, o que no compósito acarreta uma fragilidade estrutural quando submetido a processos mecânicos. Dessa forma, na Figura 20a é apresentado uma vista ampliada do ponto de fratura de ambas as amostras, sendo possível visualizar as bolhas de ar mais presentes na peça 2 (Figura 20b).

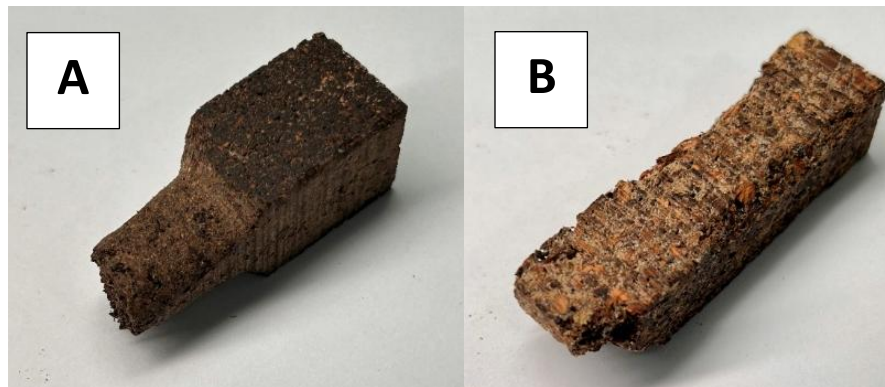


Figura 19: a. Amostra resultante do torneamento da peça 1; b. Amostra resultante do torneamento da peça 2. Fonte: Autores.

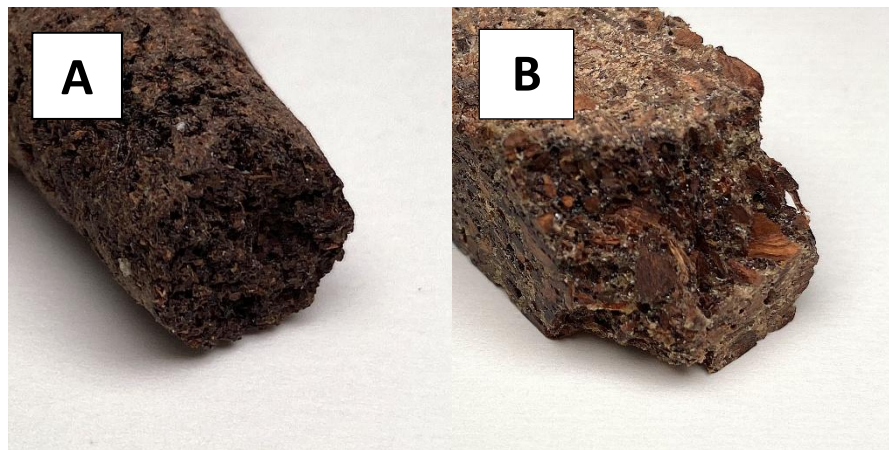


Figura 20: a. Vista ampliada do ponto de fratura da peça 1; b. Vista ampliada do ponto de fratura da peça 2. Fonte: Autores.

Portanto, a fim de criar uma melhor visualização dos resultados obtidos nos processos de usinagem em marcenaria tradicional, conforme a ASMT - D 1666-87, as considerações foram compiladas em um quadro comparativo de atributos (Figura 19). O quadro pontua a performance das placas em cada processo de usinagem, sendo suas notas distribuídas em: 1. Ruim: Não realiza o processo de forma adequada; 2. Regular: É possível realizar o processo, mas existem ressalvas quanto a qualidade do resultado; e 3. Excelente: O processo é realizado corretamente e possui bons resultados.

Quadro 2: Comparativo de atributos placa x placa 2

Marcenaria tradicional - Placa 1 x Placa 2

Usinagem	Placa 1	Placa 2
Corte	3	3
Rasgo	3	3
Teste de Abrasão	3	3
Torneamento	3	1
Furação	3	3
Fendilhamento por prego e arranque	3	2

Atribuições: 1. Ruim; 2. Regular; e 3. Excelente.

Fonte: Autores.

5. Considerações finais

Os processos realizados nesse estudo constataram que o compósito formado por carga de resíduo angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*) oriundo do curtimento de couro em matriz poliuretana à base de óleo de mamona (*Ricinus communis*) demonstraram resultados promissores para aplicações no design, principalmente em setores como mobiliário, construção civil e alvenaria. Suas características visuais e de usinagem o tornam um material interessante para trabalhos com um apelo sustentável, pois além de deter comportamentos semelhantes aos derivados de madeira como MDF ou MDP, o material atende questões ecológicas ao reaproveitar um dos resíduos provenientes de uma instituição ainda danosa ao meio ambiente, o curtume. Salienta-se que a ressignificação do resíduo não tem impacto direto sobre as problemáticas relacionadas ao uso de pele animal pela indústria, mas o compósito existe em uma transição para a sustentabilidade onde há o esforço de minimizar o impacto antropoceno proveniente de resíduos industriais.

É importante salientar que utilizar dos resíduos de angico-vermelho pode acarretar uma valorização desse material dentro do mercado, o que implica numa maior demanda do insumo. Essa questão abre campo de estudos quanto a produção, extração e danos ambientais de tal atividade extrativista, para uma melhor compreensão do ciclo de vida das cascas e em um futuro possível, uma regulamentação da atividade para a conservação das árvores de angico-vermelho.

Considerando a perspectiva de uso da metodologia Material Driven Design, a observação do compósito criado confirma o potencial da materialidade como protagonista no processo criativo do design de transição para sustentabilidade. A observação apurada das propriedades visuais, táteis e de usinagem revela um caminho possível frente aos derivados de madeira como MDF e MDP, porém, como materiais menos impactantes ambientalmente. A valorização de um resíduo sem valor aparente a um patamar de matéria-prima passível de reutilização não somente no design, mas em outros setores aponta que a MDD abre possibilidades

projetuais criativas e possivelmente inovadoras no processo de design. O compósito desenvolvido atua como um possível mediador na redução de impactos ambientais, promovendo soluções possíveis de serem aplicadas no design de artefatos. Os próximos passos da pesquisa de mestrado consistem na realização de ensaios técnicos para observação das propriedades físico-mecânicas do compósito desenvolvido, para que possa ser possível uma indicação assertiva de aplicação do material.

Referências

ASHBY, Michael; JOHNSON, Kara. Materiais e design: A arte e ciência da seleção de materiais no projeto do produto. Elsevier Brasil, 2013.

BORATTO, Mariana Araujo Laranjeira. Design de superfícies têxteis sustentáveis: processos e estratégias com biomateriais à base de celulose bacteriana. 2024.

CARDOSO, Rafael. Design para um mundo complexo. São Paulo: Cosac Naify, 2012.

CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (Ed.). Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste. Brasília, DF: MMA, 2018.

FILHO, Carlos Roberto Fernandes da Silva. Ensaios de usinagem aplicados à painéis à base de madeira. 2010.

JUNIOR, Biagio de Oliveira Mendes. COURO E CALÇADOS – PRODUÇÃO, COMÉRCIO INTERNACIONAL E PERSPECTIVAS PARA BRASIL, NORDESTE, CEARÁ E BAHIA EM 2021: v. 6 n. 196 (2021). Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/2868>. Acesso em: 5 set. 2025.

KARANA, Elvin; HEKKERT, P. P. M.; KANDACHAR, P. V. Materials experience: descriptive categories in materials appraisals. In: Seventh International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering-TMCE 2008, Izmir, Turkey. Delft University of Technology/Middle East Technical University, 2008. p. 1-15.

KRUCKEN, Lia. Design e território: uma abordagem integrada para valorizar identidades e produtos. São Paulo: 2º Simpósio Brasileiro de Design Sustentável, 2009. KRUCKEN, Lia. Design e Território-Valorização de identidades e produtos locais. Studio Nobel, 2009.

LÖBACH, Bernd. Design industrial. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: Edusp, 2016.

MANZINI, Ezio. Design para a inovação social e sustentabilidade (LIVRO): Comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais. Editora E-papers, 2008.

OLIVEIRA, Ana Karla Freire de. Estudo da viabilidade técnica de utilização do compósito poliuretano de resina de mamona e fibra de ubuçu na fabricação de pisos e revestimentos. Orientador: José Roberto Moraes d'Almeida. 2011. 251 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos) - PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO - PUC-RIO, Rio de Janeiro, 2011. DOI <https://doi.org/10.17771/PUCRio.acad.55568>. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=55568&idi=1>. Acesso em: 20 mar. 2025.

PAES, Juarez Benigno et al. Taninos condensados da casca de angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil*) extraídos com soluções de hidróxido e sulfito de sódio. *Revista Caatinga*, v. 26, n. 3, p. 22-27, 2013.

SANTOS, W. de S.; ALBUQUERQUE, H. J. O.; ALBUQUERQUE, H. O.; CABRAL, A. M. D.; FERREIRA, F. F. da S.; SANTOS, E. S. S.; NASCIMENTO, M. I. de S. S.; SANTOS, G. C. de L. Diagnóstico da cadeia produtiva de caprinos e ovinos no Brasil e na Região Nordeste. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. 21283–21303, 2023. DOI: 10.34117/bjdv9n7-006. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/57106>. Acesso em: 5 sep. 2025.

SARTORI, Caroline Junqueira; CASTRO, Ana Hortência Fonsêca; MORI, Fabio Akira. Teores de fenóis totais e taninos nas cascas de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*). *Floresta e Ambiente*, v. 21, p. 394-400, 2014.

SILVA, Igor C. R. da; OLIVEIRA, Ana K. F. de. Ecocompósito de resina vegetal e resíduos de fibra de piaçava: Estudos de usinagem e sensorialidade para aplicações no campo do design. *Design e Tecnologia*, v. 11, n. 23, p. 24-37, 27 dez. 2021.

STRAIOTO, Ricardo; FIGUEIREDO, Luiz Fernando. Revoluções Científicas e Design Sistêmico: aplicação dos conceitos de sistemas aberto e fechado ao campo do Design. *Systems & Design: From Theory to Product*, p. 47-61, 2017.

SUDJIC, Deyan. *A linguagem das coisas*. Rio de Janeiro: Intrínseca. 2010.

VEZZOLI, Carlo. (2010) *Design de Sistemas para a Sustentabilidade: teoria, métodos e ferramentas para o design sustentável de “sistemas de satisfação”* / Carlo Vezzoli. – Salvador: EDUFBA, 2010. 343p.