

Estudo de caso de criação de compósito de fibra de tururi e seu potencial uso como material sustentável para o design de produtos

A case study on the designing of tururi fiber's composites and its potential use as a sustainable material for product design.

Amanda Sousa Monteiro.

amandasousamonteiro@usp.br

Denise Dantas.

dedantas@usp.br

Júlia Baruque-Ramos.

jbaruque@usp.br

Takashi Yojo.

yojos@ipt.br

Resumo

O objetivo da presente pesquisa foi analisar a criação de compósitos da fibra vegetal amazônica tururi (*Manicaria saccifera* Gaertn.) com a resina epóxi-vinil-éster como potencial material sustentável para o design de produtos, segundo a óptica de projeto de Manzini e Vezzoli (2002). Para tanto, analisou-se o ciclo de vida do compósito produzido com o método de infusão a vácuo. Buscou-se apreender as várias fases que diferenciam a entrada, permanência e a saída de um compósito como material para o mercado. Notou-se que o material desenvolvido tem potencial para a utilização no design de produtos como um produto sustentável pois apresenta um baixo impacto em sua pré-produção, produção, montagem e descarte.

Palavras-chave: compósito de tururi; projeto sustentável; *Manicaria saccifera* Gaertn

9

Abstract

*This research aimed to analyze the creation of composites made of the Amazonian fiber Tururi (*Manicaria saccifera* Gaertn) with epoxy-vinyl-ester resin as a sustainable material for product design, according to Manzini and Vezzoli's project perspective (2002). For this purpose, we analyzed the life cycle of a composite made of tururi fiber and epoxy-vinyl-ester resin, produced using the vacuum infusion method. We aimed to apprehend the various phases of entry, permanence and exit of such composite as an option for the product design market. It was noted that the developed composite has the potential to be used in product design as a sustainable material due to the low environmental impact of its pre-production, production, assembly, and disposal.*

Keywords: tururi composite; sustainable design; *Manicaria saccifera* Gaertn

1. Introdução

Por aproximadamente um milhão de anos os seres humanos utilizaram majoritariamente madeira, pedra, osso, chifre e pele como materiais. Foi somente na revolução do período Neolítico (10.000 a.C. a 4.000 a.C) que outros materiais como a lã e as fibras vegetais foram empregues. A partir disso, a evolução das técnicas de trabalho gerou alternativas que marcaram profundamente a vida em sociedade, chegando à revolução industrial com uma completa transformação de operação e assim um número cada vez maior de possibilidades tecnológicas (MANZINI, 1993).

Na perspectiva do design de produtos, os últimos 15 anos vem sendo permeados por pesquisas que objetivam estabelecer uma nova relação com os materiais através do desenvolvimento de novas possibilidades aproveitando as metodologias projetuais. Através de técnicas artesanais, designers de produto tem acesso à tecnologia de forma ativa, buscando a inovação em materiais e processos. Estabelece-se assim “Uma nova dimensão em termos da relação entre designers, tecnologia, processos de produção e materiais.” (ROGNOLI; AYALA-GARCÍA, 2018, p.7, tradução nossa).

As experimentações criativas com materiais acarretam em inovação, além da democratização das práticas tecnológicas pois viabilizam o acesso e compartilhamento de tecnologias, métodos e materiais. Reconhece-se, dentro desta perspectiva, a necessidade de orientar os chamados “novos materiais” para atingir questões de sustentabilidade no projeto. Deve-se conhecer suas propriedades e ter previsibilidade de seus comportamentos para um uso racional que vise a redução do impacto ambiental (MANZINI; VEZZOLI, 2002).

A aplicação de fibras naturais vegetais em compósitos é uma das inovações em materiais de grande valia ao design de produtos, sobretudo nos países em que há abundância de materiais regionais com subutilização. O Brasil oferece muitas alternativas no que diz respeito a fibras naturais vegetais e estas vem sendo bastante exploradas, principalmente aquelas cuja renovação dá-se de forma rápida e de maneira pouco prejudicial, preservando a resiliência do ecossistema (SAVASTANO JR, 2000).

Levando em consideração os aspectos supracitados, a presente pesquisa teve como objetivo analisar a criação de compósitos da fibra vegetal amazônica tururi (*Manicaria saccifera* Gaertn.) com a resina epóxi-vinil-éster como potencial material sustentável para o design de produtos, segundo a óptica de projeto de produto sustentável defendida por Manzini e Vezzoli (2002). Para tanto, analisou-se uma adaptação do ciclo de vida da criação do material, com o propósito de apreender as fases que diferenciam a entrada, a permanência e a saída do compósito como uma alternativa sustentável para o mercado.

2. Compósitos como uma alternativa de material sustentável

A conscientização a respeito dos problemas ambientais tem crescido nas últimas décadas e conduzido a uma maior discussão e reorientação dos comportamentos sociais e industriais. Entre os requisitos gerais para se alcançar a sustentabilidade, ressalta-se que o design de produtos deve aproveitar-se da utilização de recursos renováveis. A busca por materiais sustentáveis tem levado empresas a repensarem sua produção e investir na pesquisa e desenvolvimento de novas alternativas (KOZLOWSKI et al., 2005).

Compósitos mostram-se uma excelente alternativa neste sentido. São materiais multifásicos que exibem uma proporção significativa de ambas as partes que o compõem. Há duas fases distintas: uma denominada matriz, a qual é contínua e envolve outra fase, chamada de dispersa. Com a combinação das duas fases adquire-se um novo material com melhores combinações de qualidades (CALLISTER, 2005).

Manzini trata compósitos como: “(...) significa escolher os materiais com as características mais apropriadas e dispô-los segundo uma geometria adequada na macroestrutura daí resultante” (MANZINI, 1993, p. 87). Também aborda que a combinação de materiais visando novos comportamentos vem sendo realizada ao longo de toda a história da técnica, desde o trabalho de artesãos até o ponto em que as teorias sobre a matéria e o seu comportamento culminaram na gestão complexa dos materiais, com alta carga de experiências acumuladas.

Como fase dispersa em compósitos, a utilização de fibras vegetais é de grande importância ecológica. Fibras vegetais como tururi, curauá, juta, palha da costa, coco, bambu e sisal vêm sendo usadas como materiais de reforço em diversos estudos e pesquisas acadêmicas, apresentando a vantagem da simplicidade de produção e versatilidade (OLIVEIRA, 2011), (CALEGARI; OLIVEIRA; LENZ, 2014), (RODRIGUES; SOUZA; FUJIYAMA, 2015), (BARAUNA; RAZERA; HEEMANN, 2015).

Além das propriedades mecânicas elevadas em termos de resistência à tração e leveza, essas fibras têm vantagens em termos de baixos custos de produção, abundância natural, biodegradabilidade, alto grau de renovação, baixas emissões de poluentes e baixo consumo de energia para a sua produção e descarte (BORRI et al., 2013). Os custos para a produção e eliminação, no fim da sua vida, são significativamente menores do que para um material compósito com fibras sintéticas tradicionalmente utilizadas (BORRI et al., 2013), (FUENTES et al., 2014), (RODRIGUES; SOUZA; FUJIYAMA, 2015).

Entretanto, existem também problemáticas associadas à utilização de fibras naturais, como as suas fraquezas inerentes: a acentuada variabilidade nas propriedades mecânicas e baixa estabilidade dimensional, alta sensibilidade a efeitos ambientais (variações de temperatura da umidade), seções transversais de geometria complexa e não uniforme, propriedades mecânicas modestas em relação aos materiais estruturais tradicionais, entre outras (MEDEIROS et al., 2016). Além disso, a produção de fibras vegetais tem implicações sociais importantes, como o fortalecimento das culturas rurais onde são cultivadas e/ou extraídas. Por esse motivo, a pesquisa nesta área é extremamente relevante e deve levar em consideração todos esses agentes e questões (SWAMY, 1990).

3 Metodologia

O objetivo desta pesquisa foi analisar a criação de compósitos da fibra vegetal amazônica tururi (*Manicaria saccifera* Gaertn.) com a resina epóxi-vinil-éster como potencial material sustentável para o design de produtos. Foi considerada a óptica de projeto sustentável de Manzini e Vezzoli (2002) e analisou-se uma adaptação do ciclo de vida da criação do compósito, com o propósito de apreender as várias fases que diferenciam a entrada, a permanência e a saída do material para o mercado. Na figura 1 o

modelo de ciclo de vida utilizado como base para análises, optou-se por reduzir e excluir algumas fases, por se tratar do desenvolvimento de um material e não de um produto:

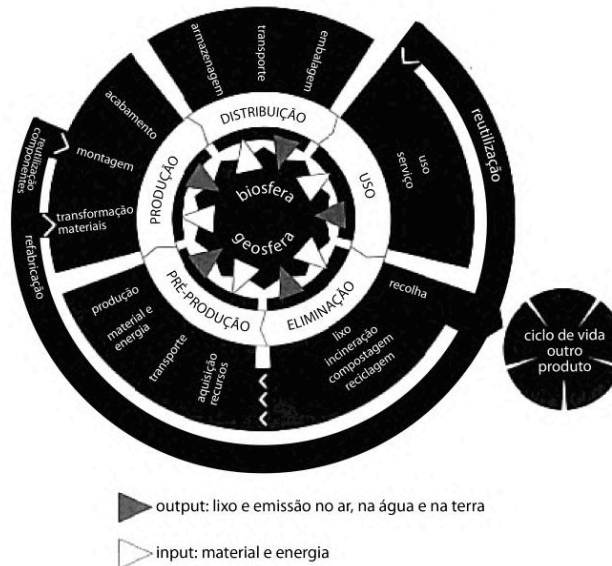


Figura 1: Ciclo de vida do produto. Fonte: Manzini e Vezzoli (2002).

Para melhor organização, o material foi analisado seguindo as fases descritas abaixo.

3.1 Pré-produção

Diz respeito à produção do material, com a aquisição dos recursos, o transporte dos recursos do local de aquisição ao de produção e a transformação dos recursos materiais em energia.

3.2 Produção

É referente à transformação dos materiais, montagem e acabamento. Por se tratar de técnicas artesanais, esta etapa foi adaptada para melhor aplicabilidade. Foi levada em consideração para análise a confecção de compósitos poliméricos com o método de infusão a vácuo. O processo de produção dos compósitos baseia-se em Seyam et al. (2017). Esta fase deve ocorrer em laboratórios para o devido controle científico. Dividiram-se as análises em transformação do material, montagem e acabamento.

Na transformação do material estão abarcadas a pesquisa, o desenvolvimento, o projeto, controles produtivos e gestão das etapas. Foi considerado para tanto, o processo de beneficiamento do material fibroso de tururi. São englobadas a limpeza, classificação, medição e pesagem das amostras, além da preparação do material para utilização nos compósitos (MONTEIRO; DANTAS; YOJO, 2021).

3.3 Descarte

Diz respeito à eliminação do material, sobre as possibilidades de reuso, reciclagem ou o seu despejo.

4 Resultados e discussão

Como mencionado anteriormente, para compreender o ciclo de vida do compósito de fibra de tururi e resina epóxi-vinil-éster é necessário adaptar o modelo proposto por Manzini e Vezzoli (2002), tendo em vista que se trata de um material e não um produto e que não há estudos que aprofundem a interação entre a matriz e a fase dispersa. O modelo abaixo (figura 2) foi concebido para que os assuntos tratados em sequência sejam melhor visualizados, como cadeia de produção e descarte do material.

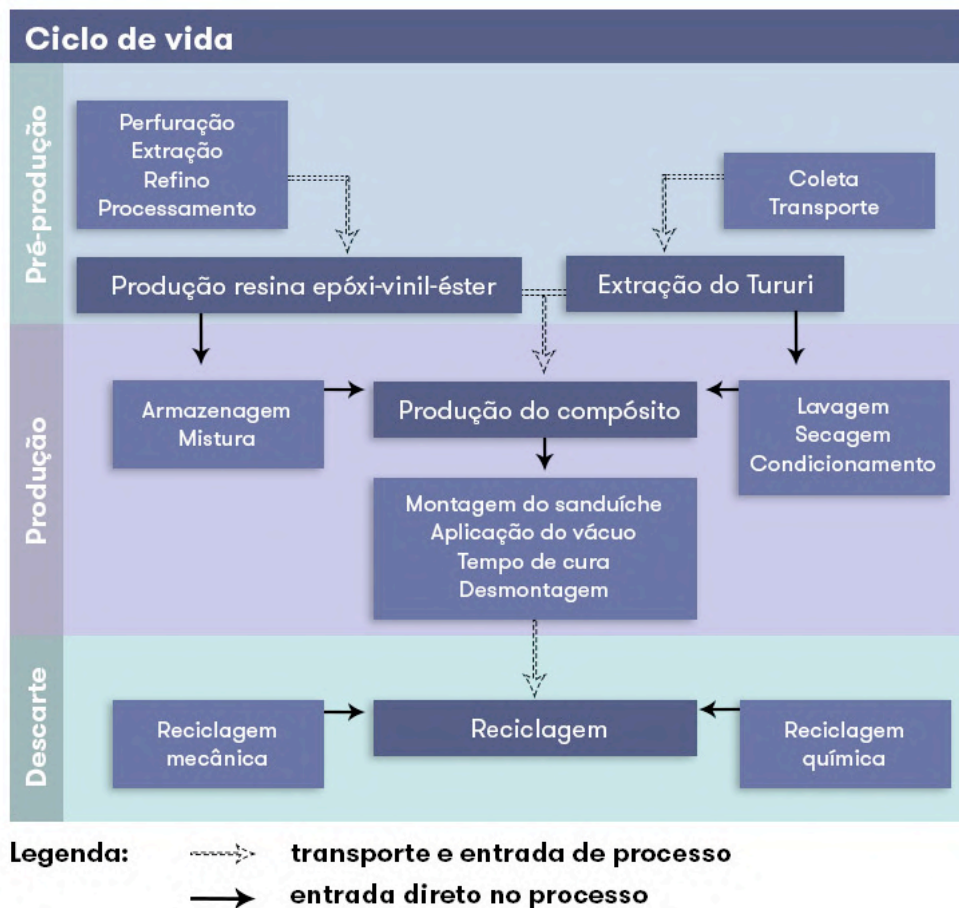


Figura 2: Ciclo de vida do compósito de fibra de tururi e resina epóxi-vinil-éster.
Fonte: elaborado pelos autores.

4.1 Pré-produção

Quanto à pré-produção dos compósitos, primeiramente foi analisada a aquisição dos recursos. Os espécimes do material fibroso tururi foram coletadas na região do entorno da cidade de Muaná – Pará (raio de 5000 m a partir de S $-1^{\circ} 20' 40.3506''$ W $-49^{\circ} 17' 45.3948''$), que faz parte do arquipélago do Marajó. A obtenção do material vegetal pesquisado não necessita de autorização do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) ou de qualquer outro órgão ambiental federal ou estadual, posto tratar-se de material normalmente comercializado na região do Pará (Brasil) e cuja compra e posse não possui qualquer restrição legal em nenhum dos Estados brasileiros (MONTEIRO; BARUQUE-RAMOS, 2016).

As palmeiras são encontradas de maneira dispersa nas matas de várzea (aquelas que são periodicamente inundadas). Este fator dificulta o processo de extração, já que é necessário que moradores da região com grande conhecimento da área apontem onde estão as palmeiras. Não há conhecimento até o presente momento de projeto de silvicultura da palmeira de Ubuçu.

A coleta é feita de maneira artesanal pela população ribeirinha, que utiliza métodos tradicionais para o corte, como facões e peçonhas. O transporte até o local de extração é feito através de pequenas embarcações, o tipo mais comum de transporte na região do arquipélago do Marajó. Na figura 3 é ilustrado um morador fazendo a extração utilizando facão. De acordo com Manzini e Vezzoli (2002) pode-se classificar esta primeira fase como de utilização de recursos primários renováveis. Depois de serem recolhidos nas várzeas, os sacos são colocados em pacotes e transportados da cidade de Muaná para a capital Belém, em uma viagem de 5 a 6 horas.



Figura 3: Extração do tururi da palmeira Ubuçu. Fonte: Monteiro e Baruque-Ramos (2016).

O processo em geral é lento (não há embarcação entre Muaná e Belém todos os dias) e totalmente dependente da população ribeirinha. Em 2020, o saco do tururi tinha um alto custo, de R\$5,00 (cinco reais) por espécime.

4.2 Produção

A produção de um compósito polimérico de tururi com resina epóxi-vinil-éster e método de infusão a vácuo inicia-se com a limpeza, classificação, medição, pesagem e corte em tamanho padrão dos espécimes. Este método pode ser seguido para outras fibras vegetais que não necessitem de tratamento químico para sua utilização.

Os espécimes foram medidos com fita métrica e sua espessura medida em seis diferentes pontos com um micrômetro Mitutoyo (modelo MC-004) devido a uniformidades no material. Na figura 4 é apresentado o esquema de medição e detalhe do procedimento:

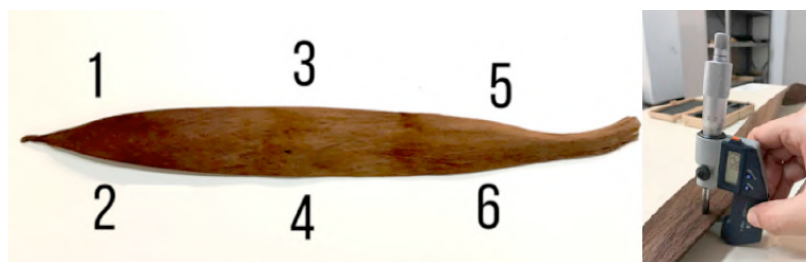


Figura 4: Medição de espessura das amostras. Fonte: Monteiro, Dantas e Yojo (2021).

O passo seguinte é manter os espécimes imersos em água corrente por 24 horas. As fibras vegetais quando em contato com a água, em forma líquida e vapor, incham devido à absorção de água, o que facilita o trabalho de limpeza. Após o período determinado de 24 horas, os espécimes foram recortados em sentido vertical, preservando as partes menos danificadas pelos agentes naturais (figura 5).



Figura 5: Exemplo de espécime antes de ser recortado. Fonte: elaborado pelos autores.

A partir desse momento o tururi é escovado com uma escova de cerdas delicadas, pesado e mantido em estufa com circulação e renovação de ar (Marconi, modelo MA 035). Como critério de secagem e medição da umidade, a temperatura foi fixada em 45° C, com primeira medição da massa da amostra após 24 horas e a segunda medição 6 horas depois. O valor da diferença de 1% entre as duas massas foi definido como o critério de parada e retirada da estufa. Finalizado este processo, os espécimes foram mantidos em ambiente climatizado pelo condicionador de ar (Diamont, Modelo Vega) a 20°C e umidade relativa de 65%.

4.2.1 Montagem

A laminação por infusão a vácuo é uma técnica de injeção de resina alternativa aos processos manuais em molde aberto para criação de compósitos. O processo caracteriza-se pela utilização de um molde flexível, o qual é submetido à pressão do vácuo para injetar a resina para o interior do material de reforço (LOPES, 2009). Na Figura 6, esquematização do processo para a fibra de tururi:

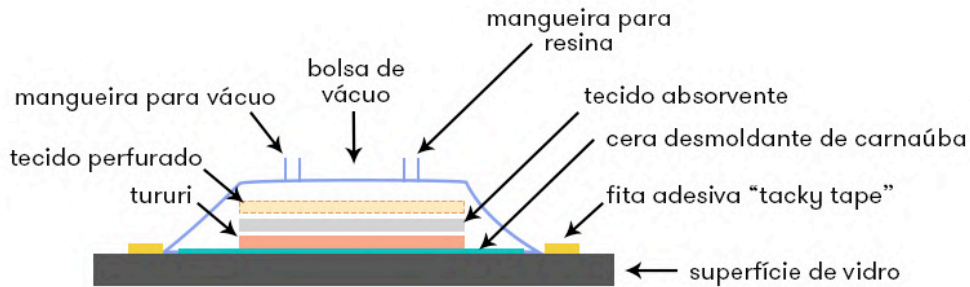


Figura 6: Esquema representativo do processo de laminação a vácuo. Fonte: elaborado pelos autores.

A montagem do compósito é do tipo sanduíche e segue as seguintes etapas: aplicação de cera desmoldante de carnaúba; organização das amostras de tururi de acordo com o layout planejado; proteção das amostras com tecido desmoldante de poliamida, malha plástica flexível e tecido perfurado; montagem de mangueiras e tubo em espiral de meia polegada, para inserção da resina e aplicação do vácuo; camada final de filme de vácuo com 75 microm de espessura. Após a selagem com fita adesiva apropriada, o sistema é conectado a uma bomba de vácuo usada para remover o ar existente dentro da cavidade do molde. Após o período de verificação de aplicação do vácuo, a mangueira conectada ao sistema é aberta e a resina é dispersa no sanduíche.

Esta técnica foi utilizada pois proporciona uma estrutura mais leve e forte aos compósitos, quando comparado testes de tração e impacto para compósitos do mesmo tipo fabricados com o método de compressão (OLIVEIRA, 2011), (SEYAM et al., 2017), (MIDANI et al., 2018). Há uma melhor compactação do laminado por conta da pressão atmosférica, com maior impregnação de resina com a fase dispersa (o tururi). Na figura 7, o sistema para infusão a vácuo montado e o resultado obtido.

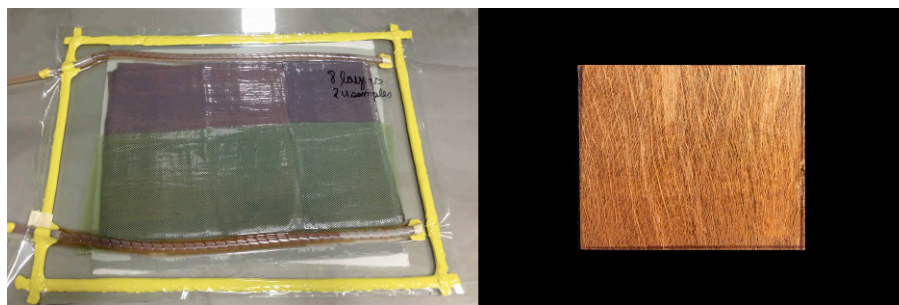


Figura 7: Processo de laminação a vácuo e compósito resultante. Fonte: elaborado pelos autores.

Deve-se, todavia, atentar para as dificuldades ao se trabalhar com fibras naturais neste tipo de compósito. O material vegetal difere bastante entre si, suas qualidades dependem de fatores de difícil controle, como a alta sensibilidade a fatores ambientais relacionados ao crescimento do espécime, a vulnerabilidade à ataque de animais, entre outros. Por isso, uma análise visual anterior à montagem dos compósitos é essencial, para que somente espécimes com peso e características equivalentes possam ser utilizados.

Outro fator é a dificuldade de controle sobre o material durante a montagem do saco. Quando é imposto vácuo no compósito, pode haver movimentação do material, já que não são utilizadas colas ou outras formas de fixação do material no molde. Apesar da qualidade do compósito, deve-se apontar algumas problemáticas relacionadas à sua confecção pelo método de infusão a vácuo. Primeiramente, o processo gera uma quantidade significativa de lixo, pois utiliza diversos componentes descartáveis, como o saco de vácuo, as fitas adesivas, mangueiras e tecidos absorventes. Estes devem sofrer um descarte diferenciado, pois contém resíduos químicos após o processo.

4.2.2 Acabamento

O acabamento final dos compósitos é diretamente relacionado aos itens consumíveis utilizados durante a montagem do sanduíche no processo de infusão a vácuo. O lado que entra em contato com a cera desmoldante (ou filme plástico desmoldante) é favorecido, tendo um aspecto brilhante e mais uniforme. O lado oposto, em contato com os tecidos respiradores e de tela de dispersão, tem alteração em seu visual. Perde grande parte do apelo estético como é possível notar na comparação entre as duas faces exposta na figura 8.



Figura 8: Diferença entre os dois lados do compósito. Fonte: elaborado pelos autores.

Sobre o corte da placa de tururi, foram testados cortes com serra circular de bancada. De acordo com a metodologia apresentada por Porto et al. (2020), constatou-se que o material é facilmente cortado com esse tipo de serra, não requerendo qualquer tipo de preparação de superfície e mantendo a área cortada com poucas rebarbas e vazios. A área cortada apresenta aspecto áspero e opaco e não há deslocamento de fibra/matriz ou remoção de fibras pela serra (figura 9).



Figura 9: Análise de corte no compósito. Fonte: elaborado pelos autores.

4.3 Descarte

A etapa de descarte considera, neste estudo, o material compósito finalizado. De acordo com Manzini e Vezzoli (2002), não se pode falar do fechamento completo do ciclo de vida. Para este tipo de material, o descarte mais comum é a reciclagem, que é um processo que consome uma quantidade significativa de energia.

Primeiramente, pode-se citar como solução a reciclagem mecânica para conversão dos resíduos poliméricos em grânulos. Outra alternativa é separar a matriz da fase dispersa através da reciclagem química, que é a decomposição dos resíduos por meio de processos químicos ou térmicos. São necessários estudos apropriados para compreender a melhor forma de se reciclar o compósito de fibra de tururi e resina epóxi-vinil-éster (KERSTING; MARINUCCI; MARINUCCI, 2012) e (MEDEIROS et al., 2016).

5 Conclusões

O presente estudo buscou analisar o ciclo de vida do compósito de fibra de tururi e resina epóxi-vinil-éster, adaptando o modelo proposto por Manzini e Vezzoli (2002). Sobre a pré-produção, pode-se afirmar que o processo de obtenção do material, em primeiro lugar, tem aspectos sociais que devem ser levados em consideração, principalmente pela dificuldade de acesso e extração dos espécimes e do deslocamento na região amazônica. Recomenda-se que a produção dos compósitos de fibra de tururi e resina epóxi-vinil-éster seja planejada para o uso em produtos de baixa tiragem em produção local, de modo a favorecer os pequenos produtores da região e minimizar o deslocamento da fibra e impacto de sua retirada no meio ambiente.

Quanto à limpeza, beneficiamento e preparo da fibra natural, ressaltamos que os processos descritos têm impacto mínimo, pois não utilizam produtos químicos e geram apenas resíduos orgânicos. Para a manutenção de qualidade de desempenho do material, é necessário estabelecer os critérios anteriormente citados. Quanto à resina epóxi-vinil-éster, esta é a parte frágil deste material e que gera maior capacidade de poluição e resíduos sólidos ao meio ambiente após o descarte, por se tratar de uma resina proveniente do petróleo. Por esse motivo, sugere-se a realização de pesquisas sobre a reciclagem da resina epóxi-vinil-éster associada a fibras naturais vegetais e também recomenda-se a utilização de resina de mamona, um polímero considerado ecológico, por não ser originado de fontes petrolíferas.

Compósitos poliméricos com fibras vegetais vêm sendo estudados com frequência devido às inúmeras possibilidades que geram para a criação de novas alternativas com baixo custo e baixa energia de produção. É essencial, assim, reforçar que futuramente outros estudos serão desenvolvidos, objetivando compreender o desenvolvimento do material em questão visando a sustentabilidade no projeto, através de completa caracterização física, análise de ciclo de vida, trabalhabilidade do material e suas possíveis aplicações.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e à sua fundação (FIPT) pelo apoio financeiro e institucional, por meio do Programa Novos Talentos.

Referências

- BARAUNA, D.; RAZERA, D. L.; HEEMANN, A. Seleção de Materiais no Design: Informações Necessárias ao Designer na Tomada de Decisão para a Conceituação do Produto. *Design & Tecnologia*, Curitiba, v.5, n.10, p. 1-9, dez. 2015.
- BORRI, A.; CORRADI, M.; SPERANZINI, E. Reinforcement of wood with natural fibers. *Composites Part B Engineering*, v.53, p. 1-8, abr. 2013.
- CALEGARI, E. P.; OLIVEIRA, B. F.; LENZ, D. M. O desenvolvimento de produtos a partir de novos materiais: a aplicação de biocompósitos no design de produtos. *Projética*, Londrina, v.5, n. 2, p. 127- 150, dez. 2014.
- CALLISTER, Jr. W.D. *Materials Science and Engineering*. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2008.
- FUENTES C. A.; BECKERS, K.; PFEIFFER, H.; TRAN, L.Q.N.; DUPONT-GILLAIN, C.; VERPOEST, I.; VAN VUURE, A.W. Equilibrium contact angle measurements of natural fibers by an acoustic vibration technique. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 455, p. 164–173, maio 2014.
- KERSTING, D. F.; MARINUCCI, G.; WIEBECK, H. Reciclagem De Compósitos Carbono/Epóxi: Uso De Reciclagem Química Associada a Outros Métodos. *In: CBECIMAT- Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*, 20., 2012, Joinville, SC: 2012, p. 11907-11914. Disponível em: <https://ipen.br/biblioteca/2012/cbecimat/18414.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2021.
- KOZLOWSKI, R.; BARANIECKI, P.; BARRIGA-BEDOYA, J. Bast fibres (flax, hemp, jute, ramie, kenaf, abaca). *In: BLACKBRUN, R. S. (Ed.). Biodegradable and sustainable fibres*. Cambridge: Published by Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute, 2005. cap. 2, p. 36-88.
- LOPES, I. A. F. Estudo do processo de infusão a Vácuo em materiais compósitos: produção de tampa de bagageira para autocarro. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2009.
- MANZINI, E. *A Matéria da Invenção*. Lisboa: Porto Editora, 1993.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais. 1.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

MEDEIROS, D. L.; TAVARES, A. O. C.; ROZADOS, I. L. G.; DOS SANTOS, E. S.; VIANA, J. D. Ciclo de Vida de Compósitos com Fibras Vegetais: Uma Análise Qualitativa das Emissões de Gases Efeito Estufa (GEE) do Compósito de Polipropileno com Fibra de Sisal Medeiros. Revista Virtual de Química, v. 8, n. 4, p. 1166-1180, 2016.

MIDANI, M.; SEYAM, A. F. M.; MONTEIRO, A.S.; BARUQUE-RAMOS, J. Effect of structural parameters on the impact properties of multilayer composites from Tururi palm (*Manicaria saccifera* Gaertn.) fibrous material. Journal of Natural Fibers, v.17, n. 2, p. 284-297, 2018.

MONTEIRO, A.S.; BARUQUE-RAMOS, J. Amazonian Tururi Palm Fiber Material (*Manicaria saccifera* Gaertn.). In: FANGUEIRO, R.; RANA, S. (Ed.). Natural Fibres: Advances in Science and Technology Towards Industrial Applications. Germany: RILEM Bookseries, 2016. p. 127-138.

MONTEIRO, A. S.; DANTAS, D.; YOJO, T. Preparation of Amazonian Palm Tree Fiber (*Manicaria saccifera* Gaertn.) for Composite Materials. U.Porto Journal of Engineering, v.7, n.2, p. 31-26, 2021.

OLIVEIRA, A. K. F. Estudo da viabilidade técnica de utilização do composto poliuretano de resina de mamona e fibra de ubuçu na fabricação de pisos e revestimentos. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) – Departamento de Engenharia de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

PORTO, J. S.; ANGRIZANI, C. C.; CALEGARI, E. P.; AMICO, S. C.; DUARTE, L. C. Polyester/paper composites: study of manufacturing techniques for product development. Revista Matéria, v. 25, n. 3, 2020.

RODRIGUES, J.; FUJIYAMA, R.; SOUZA, J. A. Compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais da Amazônia fabricados por infusão. Revista Matéria, v. 20, n. 4, p. 946– 960, 2015.

ROGNOLI, V.; AYALA-GARCÍA, C. Materia emocional. Los materiales en nuestra relación emocional con los objetos. RChD: creación y pensamiento, v. 3, n. 4, p. 1–15, 2018.

SAVASTANO JR, H. Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal: Reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo. Tese de Livre-Docência. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000. 144p.

SEYAM, A. F. M.; MONTEIRO, A. S.; MIDANI, M.; BARUQUE-RAMOS, J. Effect of structural parameters on the tensile properties of multilayer 3D composites from Tururi palm tree (*Manicaria saccifera* Gaertn) fibrous material. Composites Part B, v. 111, p. 17-26, 2017.

SWAMY, R. N. Vegetable fibre reinforced cement composites—a false dream or a potential reality?. In: SOBRAL H.S. (Ed.). Vegetable Plants and their fibres as Building Materials. Londres: Chapman and Hall, 1990. cap.1, p.1-3