



Aplicabilidade e vantagens do uso de biocompósito de polipropileno reforçado com fibras de juta da Amazônia

Davi Nogueira da Silva¹, Rogério Eiji Hanada², Manuel Henrique Reis Nascimento³, Adalena Kennedy Vieira⁴

Resumo

Atualmente os biocompósitos industriais utilizam uma matriz polimérica com adição de fibra natural. As propriedades mecânicas e térmicas dessa combinação permitem inúmeras vantagens e os principais segmentos industriais já incorporam em peças e equipamentos. A juta (*Corchorus capsularis*) da Amazônia é uma fibra originária da Índia que se desenvolve extraordinariamente nas várzeas do Amazonas. Muitas pesquisas destacam a qualidade da juta da Amazônia como uma fibra de alta resistência, que quando misturada a polímeros, pode dar origem a biocompósitos com aplicabilidade diversa. O objetivo dessa pesquisa é apresentar biocompósito a partir da fibra natural de juta da Amazônia, revisando as propriedades e as vantagens. A matriz escolhida foi o polipropileno por ser o polímero mais fabricado no mundo. A pesquisa bibliográfica que subsidiou a presente revisão foi baseada na consulta de artigos científicos de periódicos indexados como o Google Acadêmico, Google Scholar, Elsevier, periódicos Capes, Scielo, Nature e Taylor & Francis. Os resultados destacam a aplicabilidade da juta como biocompósito e isso deve proporcionar um novo campo para o desenvolvimento dessa fibra na Amazônia.

Palavras-Chave: biocompósito, juta, fibra natural, polipropileno

Polypropylene biocomposite reinforced with natural jute fiber from the Amazon: a review.

Currently, industrial biocomposites use a polymer matrix with the addition of natural fiber. The mechanical and thermal properties of this combination allow numerous advantages and the main industrial segments already incorporate in parts and equipment. Jute (*Corchorus capsularis*) from the Amazon is a fiber originally from India that grows extraordinarily in the floodplains of the Amazon. Many researches highlight the quality of Amazon jute as a high strength fiber, which when mixed with polymers, can give rise to biocomposites with diverse applicability. The objective of this research is to present a biocomposite from the natural fiber of jute from the Amazon, reviewing the properties and advantages. The matrix chosen was polypropylene because it is the most manufactured polymer in the world. The bibliographic research that supported this review was based on consulting scientific articles from indexed journals such as Google Scholar, Google Scholar, Elsevier, Capes, Scielo, Nature and Taylor & Francis journals. The results highlight the applicability of jute as a biocomposite and should provide a new field for the development of Jute from the Amazon.

Keywords: biocomposite, jute, natural fiber, polypropylene.

¹ Doutorando PPGBIOTEC, UFAM, davidoutorado2018@gmail.com

² Coordenador Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido, INPA, ppgatu@gmail.com

³ Prof Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), hreys@itegam.org.br.

⁴ Pesquisadora UFAM, Manaus, Amazonas, Brasil, adalenakennedy@gmail.com



1. Introdução

O crescimento do conceito de inovação sustentável aliado ao desenvolvimento de biocompósitos tem fomentado cada vez mais o interesse da sociedade em novas tecnologias sociais, novos processos e novos serviços (BARACHO 2015; COSTA BARROS 2017; RESENDE E MULINARI 2017).

A inovação em novos materiais deve proporcionar mudanças positivas, possibilitando a intensificação ecológica já que o "objetivo é sempre aumentar o valor do produto, satisfazendo aos clientes e garantindo a sustentabilidade local" (LISETCHI y BRANCU 2014, p.9).

Na literatura científica existem inúmeras fibras naturais que já foram estudadas e outras em várias partes do mundo que precisam de um estudo científico para comprovar suas aplicabilidades em biocompósitos (DHALIWAL, 2019; MARINELLI 2008; VIJAY, 2020). Malgrado os estudos de aplicabilidade em outras áreas, surge a necessidade do desenvolvimento de mais pesquisas, pois a Amazônia possui um grande potencial em fibras naturais, apresentando produtos de demanda no mercado regional, nacional e internacional, podendo representar uma importante fonte de renda para a região (MESQUITA et al. 2005). A assertiva é corroborada Ramamoorthy et al. (2015), o qual afirma que os biocompósitos têm aplicações comerciais na área industrial, automotiva, aeronáutica e de construção. Os biocompósitos reforçados com fibras naturais estão encontrando ampla aceitação em várias aplicações de engenharia (BAJPAI, 2015).

Essas aplicações na área da engenharia e em outras áreas são incentivos reais para beneficiar e valorizar a juta da Amazônia, abrindo novos caminhos para a utilização dessa fibra natural em vários produtos. Isso de fato é importante porque "os novos produtos devem primeiro se conectar com as necessidades de desenvolvimento econômico das comunidades locais para terem um impacto positivo,

estimulando a sustentabilidade econômica dessas comunidades" (SINKOVICS et al. 2014, p.4).

Esse estímulo à sustentabilidade econômica das comunidades ganha mais força com a globalização e a abertura de novos mercados, fazendo com que a fibra natural tenha cada vez mais importância, uma vez que, é cada vez mais difícil um produto evoluir tecnologicamente com apenas um tipo de material em sua composição (SIGRIST et al. 2015).

Estas iniciativas são ainda mais positivas porque os biocompósitos segundo Allacker et al. (2014), tem a característica de passar pelo processo de reaproveitamento, voltando a ser utilizados novamente no processo. Ressalta-se que a consciência mundial sobre o meio ambiente aumentou nos últimos anos, garantindo o desenvolvimento de novos materiais e consequentemente de novos produtos (SETYOWATI, 2014). Exemplifica-se essa transformação na dicotomia entre os metais e os polímeros, onde os polímeros substituíram os metais em diversas aplicações, sendo um dos maiores avanços em materiais (SAHEB e JOG, 1999).

Por este motivo os avanços devem se concentrar em biocompósitos que possam ser sustentáveis e tenham características iguais ou superiores. Enfatizando essa utilização, Ku, et al. (2011), declara que os polímeros combinados com as fibras naturais são extremamente vantajosos por causa da sua decomposição, visto que os processos de decomposição de outros resíduos não são eficazes. Raghavendra (2013) menciona que o interesse em biocompósitos reforçados com fibras naturais está crescendo rapidamente, tanto em termos de sua aplicabilidade e de investigação fundamental.

Esta pesquisa tem o objetivo de conceituar biocompósito a partir da fibra natural de juta (*Corchorus capsularis*) da Amazônia, revisando as propriedades e as vantagens desse biomaterial. Dentro desse contexto, o polipropileno foi escolhido

como a matriz desse biocompósito por se tratar de um polímero de uso mundial, inclusive com indústria de fabricação em Manaus.

2. Metodologia

A pesquisa bibliográfica que subsidiou a presente revisão foi baseada na consulta de artigos científicos de periódicos indexados como o Google Acadêmico, Google Scholar, Elsevier, periódicos Capes, Scielo, Nature e Taylor & Francis

Para seleção de trabalhos foram utilizados os seguintes critérios de inclusão: 1) artigos publicados nos dois principais periódicos da área: biotecnologia e biopolímeros. 2) Idiomas: inglês e português. 3) Tópicos escolhidos: biocompósitos, polipropileno, adesão fibra e matriz. Os critérios de exclusão foram: teses, dissertações, comunicações em congresso, livros e referências de trabalho.

3. Resultados e Discussão

3.1 Fibras

As fibras são filamentos que fazem parte das madeiras e se caracterizam pelo comprimento e pelos diâmetros, que geralmente variam de 1 μm a 25 μm dependendo do seu tipo (MISHRA 2022).

As fibras naturais se dividem em três: animais, minerais e vegetais (PARBIN, 2019). As fibras animais se originam principalmente de algumas espécies encontradas na natureza, como o bicho da seda, entre outros. As fibras minerais são encontradas nos sedimentos de rochas e minérios, como a amianto, que foi largamente utilizada na indústria da construção civil.

Devido às suas características de suavidade e flexibilidade, as fibras vegetais são as que encontram as melhores combinações e se tornaram aptas para aplicações como reforço em diversos tipos de matrizes para o preparo de compósitos (GOYAT, 2022).

3.2 Fibras vegetais

O emprego das fibras vegetais é crescente porque o estudo das fibras tem levado ao desenvolvimento de novos tipos de materiais com alto desempenho agregado (FARUK et al., 2012).

Para Joshi et al. (2004), as fibras vegetais oferecem inúmeras vantagens ambientais, além de auxiliar na redução da emissão de poluentes. As perspectivas para o uso de fibras vegetais são muito grandes áreas como, por exemplo, a indústria têxtil, na indústria automobilística, na área de revestimento interno de automóveis, ônibus e caminhões e construção civil. Nos últimos anos, o uso de fibras vegetais como curauá, coco, sisal, rami, bagaço de cana-de-açúcar, juta e abacaxi como reforço em materiais poliméricos teve um acelerado crescimento (JARIWALA, 2019).

Por serem fonte de recurso natural renovável, as fibras vegetais apresentam baixo custo, são biodegradáveis, recicláveis, não tóxicas e podem ser incineradas. Com relação a isso, SENTHILKUMAR et al (2018) destaca que ao utilizá-las como reforço em polímeros pode-se substituir as fibras sintéticas como amianto, kevlar, boro, carbono, nylon e vidro que, apesar de possuírem boas características mecânicas, apresentam um custo elevado, são abrasivas aos equipamentos de processamento, possuem alta densidade, não são biodegradáveis, geram produtos com alto custo de reciclagem, além do comprometimento com a saúde humana que essas fibras podem apresentar.

De acordo com Paul et al (2022), as fibras vegetais apresentam suas estruturas de comprimento alongado, com secção transversal vazada e arredondada. Além disso podem estar distribuídas por o todo vegetal. Pode-se classificar as fibras vegetais como:

Fibras de talo caracterizadas por estão no floema que fica na entrecasca do talo, por exemplo, as fibras de rami, piaçava, linho, algodão e juta;



Fibras de folha que são extraídas das folhas dos vegetais. Pode-se citar as de abacaxi, sisal, palma, curauá e banana;

Fibras de lenho que são removidas do lenho, como no caso as fibras de bagaço de cana-de-açúcar e bambu e

Fibras de superfície que formam uma camada protetora de caules, folhas, frutos e sementes das plantas, como as fibras de coco, algodão e açaí.

3.3 Características físicas e químicas das fibras vegetais

As fibras vegetais são basicamente constituídas de lignina, celulose e hemicelulose, além de pequenas quantidades de sais inorgânicos, pectina, corantes naturais e substâncias nitrogenadas (SILVA, 2009).

A celulose é um dos principais componentes das plantas e árvores, sendo responsável pela resistência das fibras. Apresenta-se praticamente em todos os vegetais da flora terrestre, nas grandes florestas e em todos os continentes. Industrialmente a celulose há décadas é utilizada para a fabricação de papel.

A lignina, é o segundo maior componente com até 35% de massa. É uma macromolécula formada por um sistema aromático, reticulado, com elevada massa molar, amorfo e com unidades de fenilpropano não cristalino.

Também é responsável pelo transporte de água, nutrientes e metabólitos, conferindo rigidez a planta e protegendo contra-ataques de agentes externos.

A lignina fornece resistência à compressão ao tecido celular e à fibra como um todo, enrijecendo a parede celular. A porcentagem de lignina presente nas fibras exerce influência direta na estrutura, propriedades, morfologia, flexibilidade e taxa de hidrólise.

Fibras que apresentam alto teor de lignina são de excelente qualidade mecânica e bastante flexível (FRANZ, G. e BLAS-CHECK, 1990).

A hemicelulose é um polissacarídeo formado pela polimerização de vários

açúcares. Geralmente atua como um elemento de ligação entre a celulose e a lignina. A hemicelulose ocupa cerca de um terço da biomassa das plantas e a composição estrutural fina varia de acordo com as espécies de plantas e tecidos.

As fibras naturais têm recebido grande interesse como material de reforço de polímeros por causa das propriedades mecânicas, despertando o interesse, por exemplo da indústria automotiva (KALIA et al, 2011). A lignina, a celulose e os outros agentes químicos presente nas fibras naturais são benéficos e são consideradas os mais fortes candidatos para substituir as fibras de vidro convencionais devido ao baixo custo, serem uns recursos renováveis e sua biodegradabilidade (NAM, 2011).

3.4 Aplicações das fibras naturais no setor automotivo

A indústria automotiva vem incorporando há anos biocompósitos em diversas partes dos veículos. As fibras naturais são incorporadas como reforço com excelentes resultados. As fibras além de substituírem os materiais plásticos e não renováveis, agregam valor por serem mais leves e apresentar boas propriedades físico-mecânicas (SILVA, 2009).

Begum (2013) destaca quatro fatores fundamentais de ganho para a indústria automotiva: redução considerável de impacto ambiental na produção de biocompósito com fibra natural, em comparação com a atual produção de fibra de vidro; eficiência de combustível e emissão de taxa de poluentes cada vez menor, carro mais leve, menos consumo; possibilidade do uso de créditos de carbono pela utilização correta de materiais renováveis;

Os biocompósitos são mais baratos e não exigem altas demandas de energia para o processo de produção, em comparação com a fibra de vidro e de carbono.

Embora as fibras naturais tenham se beneficiado da percepção de "que são amigos do ambiente, o que é mais importante é a sua capacidade de fornecer



aumento de rigidez com menor custo e densidade do que fibras de vidro e cargas minerais" (RAJAK, 2019).

3.5 Fibra de juta

Originário da Índia alcança um tamanho de 3 a 4 metros e o seu talo tem uma grossura de aproximadamente 20 mm. A fibra útil é contida entre a casca e o talo interno e a extração é feita pelo processo da maceração.

Os números da última década destacam a juta como a segunda fibra vegetal mais consumida no mundo, perdendo apenas para o algodão (MORASSI, 1994).

Com relação ao Amazonas, destaca-se que o desenvolvimento da juta sofreu historicamente positiva influência da imigração japonesa, através do desenvolvimento agrícola e com a introdução das lavouras de juta nas várzeas do rio Amazonas (HOMMA, 2005). A introdução do cultivo nas várzeas foi favorecida pelo clima úmido e equatorial que ajudou a produzir uma fibra de alta resistência, que quando misturada a polímeros, pode dar origem a produtos com grandes aplicações (NETO, et al, 2007).

3.6 A história da Juta em Parintins

A história da juta em Parintins inicia com a chegada dos imigrantes japoneses visando a agricultura. Com o declínio total da borracha e a pressão dos agricultores de café por sacarias, o Pará foi o primeiro estado a doar terras aos imigrantes japoneses. Posteriormente, o Amazonas, por intermédio do governador Efigênio Salles, aderiu ao projeto de colonização.

Em 1931, o Ministro da Agricultura do Japão, Tsaukusa Ujetsuka recebera de Getúlio Vargas a permissão para sediar no município de Parintins o Instituto de Estudos Agrícolas. Parintins recebeu os chamados koutakusseis, jovens estudantes de agronomia, provenientes de famílias de classe média.

Foi possível alcançar a aclimação da cultura da Juta, obtendo-se a primeira

safragem comercial já em 1937, estendendo-se ao longo das várzeas do rio Amazonas e seus afluentes (HOMMA, 2001).

A juta foi aclimatada por Ryota Oyama (1882-1972), que ocupou as várzeas nos Estados do Amazonas. Esta cultura atinge seu apogeu durante a década de 1960, quando mais de 34% do PIB do Estado do Amazonas era decorrente dessa atividade (MATOS, 1996).

O êxito comercial da lavoura da juta em Parintins teve um impulso com a II Guerra Mundial, que impossibilitou a importação de fibra de juta indiana, pela inexistência de transporte marítimo (FERREIRA, 2016). Os cafeicultores do sudeste do país não creditavam grande confiança no sucesso da jiticultura nas várzeas amazônicas, em suprir a demanda de sacaria para os produtos agrícolas, sobretudo para a exportação de café (SAES, 2008).

Essa desconfiança foi reduzida quando souberam que as características de clima e geografia das terras de várzeas do Amazonas assemelhava-se com as bacias de plantio na Índia. Além disso, os relatos da nova espécie de juta descoberta por Ryota Oyama já despertavam atenção. Toda a cadeia de produção existente no tempo dos seringais foi rapidamente adaptada para atender o complexo da produção de fibra de juta (PIMENTEL, 2018).

Essa adaptação teve como resultado o início do primeiro processo de agroindustrialização na Amazônia através do beneficiamento da fibra de juta e as primeiras instalações de fábricas de fiação e tecelagem em Castanhal, Belém, Santarém e Manaus (HOMMA, 2009; COELHO, 2015).

3.7 Polipropileno

O polipropileno – PP é um dos polímeros mais versáteis, sendo utilizado em diversos produtos. Muitos autores concordam que devido as suas atraentes propriedades mecânicas e químicas, tem se ramificado em diversos segmentos industriais



(DOBRÁNSKY, 2021; LATIFI, 2021; MATIAS, 2020; RAJAEI, 2021; TIMSINA, 2019).

Entre os diversos tipos de plástico é o que possui a densidade mais baixa, excelente para os diversos tipos de conversão (FADZLY, 2019). O processo de conversão mais conhecido é o de injeção plástica, que incide em forçar o polipropileno através de uma matriz, injetando nas cavidades do molde (ALVARADO-INIESTA, 2019). Outra conversão muito utilizada está no processo de extrusão, onde o polipropileno passa através de um orifício, extrusado por meio de parafusos de força (DO VAL SIQUEIRA, 2020). Ademais, tem-se a moldagem por sopro, que usa o ar sob pressão, soprando para que o polipropileno se expanda (AVERSA, 2021). E por último o processo de termoformagem, ocorre quando uma placa com polipropileno é aquecida e conformada sobre um molde sobre pressão (LEITE, 2018).

Antes do processo de conversão, conforme a Figura 12, o polipropileno é fabricado como matéria prima na composição semicristalino. É possível obter outras tonalidades pela adição de corantes no processo de pigmentação (GAWISH, 2019; JAVID, 2019; PERIYASAMY, 2019; VIKOVÁ, 2017).

O polipropileno é aplicado como matéria prima em copos plásticos, cadeiras plásticas, embalagens para alimentos e remédios, tampas de garrafas e corpo de eletrodomésticos (Li, 2020; MARTYNIS, 2019; RACHMADENA, 2018).

Na indústria farmacêutica é aplicado como matéria prima para confecção de seringas de injeção, material hospitalar, embalagens de remédios e equipamentos de laboratório (GOPANNA, 2019; OKEREKE, 2021; SELCAN TURKER, 2018).

Na indústria de transporte é utilizado como matéria prima na fabricação de para-choques, pedais, carcaça de bateria, lanternas, ventoinhas e peças diversas (GALLONE, 2019; HADIJI, 2020; KWON, 2021).

Na indústria de produtos para o lar, que inclui eletrodomésticos e móveis, o polipropileno é usado na fabricação de aparelhos de grandes a pequenos. Observa-se máquinas de lavar louça, geladeiras e máquinas de lavar, passando por ferros, torradeiras e aspiradores de pó em aplicações de aparência e estruturais (TOMAR, 2020; SHARMA, 2019; ICHADO, 2021).

3.8 Biocompósito

Segundo a ASTM (American Society for Testing and Materials), conceitua-se biocompósito como uma substância constituída por dois materiais insolúveis entre si, combinados para fabricação de um material de engenharia que possua propriedades não existentes nos materiais que o formam, atuando em sinergia.

Além desse conceito, o biocompósito também é definido como um material multifásico no qual não apenas dois, mas três ou quatro materiais distintos podem ser reforçados com matriz polimérica. É imprescindível que pelo menos um desses materiais deriva de origem biológica, resultando em melhorias, podendo atribuir propriedades do novo material que não podem ser obtidas a partir de qualquer um dos componentes constituintes individuais (FRKETIC, 2017; KORONIS, 2013).

Paralelo a estas definições, ressalta-se que o estudo do biocompósito avança gradualmente, possibilitando o emprego de novos materiais sintético de resinas, onde a matriz recebe o reforço de fibras, partículas ou pó, feitos de fontes renováveis (KUMAR, 2020).

3.9 Vantagens do biocompósito

A primeira vantagem do biocompósito derivado de diversos botânicos naturais é a sua abundância e sua diversidade. Todos os continentes são ricos em algum tipo de fibra natural, que com pesquisa aplicada pode ser considerada alternativa mais rentável (LIU, et al. 2005).

A segunda vantagem do biocompósito é a questão da sustentabilidade mundial. Segundo Furlan, Duarte e Mauler



(2012), é uma excelente opção que ameniza gradualmente o elevado nível de consumo de produtos à base de petróleo, balanceando com outros materiais naturais.

A terceira vantagem do biocompósito é a permanência ou o aumento de novas propriedades. Para Bledzki, Reihmane e Gassan (1996), as vantagens das fibras vegetais sobre as fibras sintéticas são a baixa densidade na composição dos biocompósitos, boas propriedades térmicas, biodegradabilidade, melhores propriedades mecânicas específicas, além de serem menos abrasivas aos equipamentos de processamento de polímeros.

A quarta vantagem são as diversas possibilidades de se obter o biocompósito. O processo produtivo já consolidado no formato de placas, através de prensas e o processo que esta pesquisa oferece – o biocompósito por extrusão e injeção plástica.

A quinta vantagem do biocompósito é o valor agregado econômico. Por exemplo, no Reino Unido, espera-se que o mercado de biocompósitos cresça para cerca de GBP 10 bilhões até 2030, com o crescimento mais rápido das indústrias automotiva, aeroespacial, energia renovável e construção. Segundo a 15ª pesquisa de mercado de biocompósitos, a Alemanha relatou que o primeiro semestre de 2020 teve uma severa queda nas classificações devido ao impacto da pandemia de coronavírus em vários segmentos de negócios e áreas de aplicação. Mesmo assim, espera-se uma retomada do crescimento econômico e um aumento na produção global de biocompósitos, especialmente no que diz respeito ao crescente mercado de energia renovável (FITZGERALD, et al 2021).

A sexta vantagem do biocompósito é o desenvolvimento de comunidades locais. No Amazonas os municípios que possuem renda per capita derivada do cultivo de juta são: Parintins, Nhamundá, Manaquiri, Manacapuru, Itacoatiara, Iranduba, Coari, Caapiranga, Beruri, Anori e Anamã. O aumento na demanda de juta beneficia os produtores e toda a comunidade local.

A sétima vantagem é a inovação local e internacional. Desde o início, a juta sempre teve como destino ser matéria prima da indústria têxtil, mais precisamente de sacarias para café e batata. Com o uso da juta em biocompósito, amplia-se a possibilidade de seu emprego em produtos à base de polipropileno.

A oitava vantagem é a subvenção através da legislação. A Lei nº 2.611, de 4 de julho de 2000, regulamentada pelo Decreto 24.196, de 29 de abril de 2004, institui a concessão de subvenção econômica a produtores de juta e malva no estado, tendo como objetivo incentivar a produção dessas culturas. Também é possível os incentivos fiscais da Amazônia Ocidental através da Lei de Informática na ZFM – (Lei nº 8.387/1991).

3.10 Aplicações de biocompósito em diversos segmentos

Muitas pesquisas têm obtido êxitos com biocompósitos desenvolvidos com sisal (BARBOSA, 2020; FERNANDES, 2017), com fibras de curauá (DE ANDRADE, 2019; GUTIÉRREZ, 2018; RODRÍGUES, 2018), fibras de abacaxi (AZEVEDO, 2020; NEGRÃO, 2020; SIPIÃO, 2018), fibras de coco (DE ARAUJO, 2020; SILVA, 2018; WEARN, 2020) e fibras de bambu (LOPES, 2019; VERISSIMO, 2019; DE OLIVEIRA, 2019).

A primeira aplicação de destaque é na indústria automotiva. Com o desenvolvimento e produção de novos modelos de carros híbridos e elétricos, surge a necessidade de componentes cada vez mais leves e compactos (FANTUZZI, 2021).

A segunda aplicação de destaque de biocompósitos é na indústria naval, com a fabricação de barcos. Para Fujii (2006), a utilização das fibras naturais auxilia na redução de CO₂ emitido na atmosfera, uma vez que a fibra de vidro (usada em barcos) é grande consumidora de energia elétrica.

Diversas peças náuticas já foram desenvolvidas com biocompósito a base de curauá (Minillo, 2021), a base de juta



(Akram, 2019), fibra de coco (Yaacob, 2017) e fibra de sisal (Ashokkumar, 2020).

Pesquisas tem mostrado a escalada dos biocompósitos na aviação comercial, atraindo o interesse de pesquisas em diversas parte do mundo (AFONSO BATISTA, 2018; KHALID, 2021; OUARHIM e BOUHFID, 2019).

A inserção na indústria de planadores foi uns dos primeiros bem sucedidos casos na indústria aeronáutica. Teve-se também um uso constante de materiais compósitos na aviação militar e aeroespacial.

Em vista de que esse tipo de material apresenta elevada rigidez e resistência mecânica frente a esforços que submetem a estrutura à compressão e à tração, aliados ao seu baixo peso específico, se comparado com os tradicionais materiais metálicos.

A indústria de aviões testemunhou grandes desenvolvimentos para suportar cargas pesadas, reduzir custos e aumentar a segurança fatores pela orientação para os novos e multifuncionais materiais que são os compósitos (MOHAMMED, 2018).

3.11 Unidade matriz do biocompósito

Os biocompósitos são formados pela unidade matriz e a unidade de reforço (dispersa). A matriz é constituída pela unidade de base, material contínuo que deve interagir com a unidade de reforço (YASHAS, 2018). O reforço por sua vez, dependendo da finalidade, atribui, melhora ou mantém as características do biocompósito (RAMANATHAN, 2019).

Assim, para obter propriedades mecânicas satisfatórios após processamento, uma boa aderência matriz de fibra deve ser alcançada além bem a dispersão e distribuição das fibras (ELKHAOULANI, et al. 2013).

Apesar do crescente número de pesquisas, o maior desafio continua sendo a compatibilidade entre matriz e reforço. Segundo os estudos de Merlini et al (2006), a conexão entre matriz e reforço é importante para que ocorra a transferência de

propriedades no biocompósito. Por outro lado, se a interação for baixa, o biocompósito vai ser desenvolvido, porém sem o aumento das propriedades mecânicas (OLADELE, 2020).

Um dos métodos mais utilizados é o tratamento alcalino, que extrai a lignina e a hemicelulose, resultando em mudanças na estrutura, na morfologia, nas dimensões e nas propriedades mecânicas das fibras (DALMIS, 2020; BOURMAUD, 2020; SIRACUSA e BLANCO, 2020).

Para Seo et al. (2019), com o intuito de melhorar as características adesivas da fibra vegetal se realiza um procedimento de mergulha-las em uma solução de hidróxido de sódio. "uma maneira de contornar este problema é modificar a estrutura da fibra através de métodos químicos ou físicos" (PIRES, 2012, p.340). As impurezas (lignina, cera e óleos) são removidas expondo somente a superfície das fibras.

4. Conclusão

A fibra natural de juta da Amazônia ao ser climatizada obteve mutações que geraram características da região. As principais propriedades destacadas nesta revisão incluem a celulose, lignina e hemicelulose que estão presentes na fibra de juta e com isso permite a aplicabilidade como reforço em biocompósitos. A juta é menos abrasiva, tem boa resistência, biodegradável e pode ser cultivado amplamente.

As vantagens abrangem vários segmentos. A nível regional a matriz econômica dos jaticultores deve receber incentivos e gerar receitas. Em escala nacional as empresas podem se beneficiar porque o biocompósito tem o processo de produção mais enxuto, é mais barato e não exigem altas demandas de energia para a produção, em comparação com a fibra de vidro e de carbono.

Porém é importante que a interação juta+polipropileno seja completa através de uma boa aderência, garantindo assim que ambos materiais possam manter as suas propriedades íntegras.



O biocompósito polipropileno reforçado com fibra de juta da Amazônia é uma alternativa mais barata para substituir materiais convencionais.

Agradecimentos

Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia – PPGBIOTEC UFAM, que fazem e estão fazendo a diferença em nosso Amazonas. Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, que disponibilizou minha bolsa de estudo.

Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. Os autores e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista Scientia Amazonia detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

Referências

AFONSO BATISTA, G., dos Santos Amarante, M., FIGUEIREDO, L., MIHARA, Y., dos Santos Souza, A. H., & de Castilho Martins, P. V. C. (2018). Materiais compósitos na aeronáutica. *Revista Pesquisa e Ação*, 4(1), 240-246, 2018.

AKRAM, A., HASANUDDIN, I., NAZARUDDIN, N., PUTRA, R., & NOOR, M. M. Mechanical behavior of hybrid glass Fiber-Jute reinforced with polymer composite for the wall of the Acehnese boat 'Jalo Kayoh'. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 523, n°. 1, p. 12076. IOP Publishing, 2019.

ALLACKER, K., et al., Allocation solutions for secondary material production and end of life recovery:

ALVARADO-INIESTA, Alejandro; CUATE, Oliver; SCHÜTZE, Oliver. Multi-objective and many objective design of plastic injection molding process. *The International Journal of Advanced*

Manufacturing Technology, v. 102, n. 9, p. 3165-3180, 2019.

applications. *Compos. Part B: Eng.*, v. 44, 120-127, 2013.

ARCE-NAZARIO, JÁ. As paisagens humanas têm trajetórias complexas: reconstruindo a história da paisagem da Amazônia peruana de 1948 a 2005. *Ecologia da paisagem*, 22 (1), 89-101, 2007.

ASHOKKUMAR, S., JAYASEELAN, G. A. C., AKASH, A., RAJA, V. B., & ABEESH, A. Experimental Investigation of Composite Material in Boat Hull. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 993, n°. 1, p. 012029, IOP Publishing, 2020.

AVERSA, Clizia et al. Injection-stretch blow molding of poly (lactic acid)/polybutylene succinate blends for the manufacturing of bottles. *Journal of Applied Polymer Science*, p. 51557, 2021.

AZEVEDO, Afonso R. et al. Desenvolvimento de argamassa para assentamento e revestimento com fibras de abacaxi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 24, n. 3, p. 187-193, 2020. BAJPAI, P. K., DEBNATH, K., & SINGH, I. Hole making in natural fiber-reinforced polylactic acid laminates An experimental investigation. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 0892705715575094, 2015.

BARACHO, Raphaela V. et al. Obtenção e caracterização de material híbrido entre sílica e ciclodextrinas.

BARBOSA, Larissa Moreira et al. Comportamento físico-químico sob diferentes temperaturas de secagem de compósitos de fécula de mandioca e fibra de sisal. *Agropecuária científica no semiárido*, v. 16, n. 2, p. 81-85, 2020.

BEGUM K, ISLAM M. Natural fiber as a substitute to synthetic fiber in polymer composites: a review *Research, J Eng Sci*, 2278 9472, 2019.

BLEDZKI, A. K.; REIHMANE, S. & GASSAN J. - J. *Appl. Polym. Sci.*, 59, p. 1329, 1996.

BOURMAUD, Alain et al. Property changes in plant fibres during the processing of bio-based composites. *Industrial Crops and Products*, v. 154, p. 112705, 2020.



- COELHO, Moisés Andrade. Eco-inovação em uma pequena empresa de reciclagens da cidade de Manaus. RAI Revista de Administração e Inovação, v. 12, n. 1, p. 121-147, 2015.
- DA COSTA BARROS, Camila et al. Propriedades mecânicas dos compósitos híbridos Vidro/Sisal. Cadernos UniFOA, v. 7, n. 18, p. 33-38, 2017.
- DALMIS, Ramazan et al. Characterization of a novel natural cellulosic fiber extracted from the stem of Chrysanthemum morifolium. Cellulose, v. 27, n. 15, p. 8621-8634, 2020.
- DE ANDRADE TANOBE, Érico Shooji Oliveira et al. Avaliação mecânica de concretos com adição de fibras de açaí e curauá. Revista Técnico-Científica, n. 21, 2019.
- DE ARAUJO, Carla Reis; SAMPAIO, Michel Serra. Obtenção e caracterização de compósitos de polietileno de alta densidade (PEAD) com fibra de coco. The Journal of Engineering and Exact Sciences, v. 6, n. 5, p. 0688-0694, 2020.
- de Janeiro: Sette Letras, 1996.
- DE OLIVEIRA, Jorge Miguel et al. Propriedades mecânica e química das fibras vegetais resinadas: cana de açúcar e bambu. Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica, v. 23, n. 1, p. 71-84, 2019.
- DHALIWAL, J. S. Natural fibers: applications. Generation, Development and Modifications of Natural Fibers, 2019.
- DO VAL SIQUEIRA, Larissa et al. Starch-based biodegradable plastics: Methods of production, challenges and future perspectives. Current Opinion in Food Science, 2020.
- DOBRÁNSKY, Jozef et al. Implementation of a Recycled Polypropylene Homopolymer Material for Use in Additive Manufacturing. Sustainability, v. 13, n. 9, p. 4990, 2021.
- ELKHAOULANI, A., et al. Mechanical and thermal properties of polymer composite based on natural fibers: fabricação, propriedades e aplicações. Polymers, 11 (10), 1667, 2019.
- FADZLY, M. K.; NATASHA, Ainur; NORDIN, Fariha. Experimental investigation of plastic part defect from plastic injection molding machine. In: AIP Conference Proceedings. AIP Publishing LLC, 2019. p. 020149.
- FANTUZZI, N., BACCIOCCHI, M., BENEDETTI, D., & AGNELLI, J. The use of sustainable composites for the manufacturing of electric cars. Composites Part C: Open Access, 4, 100096, 2021.
- FARUK, O., et al. Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000 – 2010. Progress in Polymer Science, v. 37, n. 11, p. 1552-1596, 2012.
- FERNANDES, Janaina Rodrigues et al. Nanopartículas de sílica silanizada como compatibilizante em compósitos de fibras de sisal/polietileno. Polímeros, v. 27, p. 61-69, 2017.
- FERREIRA, Aldenor da Silva et al. Fios dourados dos trópicos: culturas, histórias, singularidades e possibilidades (juta e malva-Brasil e Índia). 2016.
- FITZGERALD, A., Proud, W., Kandemir, A., Murphy, R. J., Jesson, D. A., Trask, R. S., ... & Longana, M. L. (2021). A life cycle engineering perspective on biocomposites as a solution for a sustainable recovery. Sustainability, 13(3), 1160.
- FRANZ, G. e BLASCHECK, W. Cellulose. In: Methods in plant biochemistry. Academic Press, v.2, p. 291-322, 1990.
- FRKETIC, J.; Dickens, T.; Ramakrishnan, S. Automated manufacturing and processing of fiber-reinforced polymer (FRP) composites: An additive review of contemporary and modern techniques for advanced materials manufacturing. Additive Manuf., 2017, 14, 69-86.
- FUJII, T. (2006). Journal of Reinforced plastics. Vol. 51, (8), 358-362.
- FURLAN, Luciano Gomes; DUARTE, Ueiler Lissoski; MAULER, Raquel Santos. Avaliação das propriedades de compósitos de polipropileno reforçados com casca de aveia. Química Nova, v. 35, n. 8, p. 1499-1501, 2012.
- GALLONE, Toni; ZENI-GUIDO, Agathe. Closed-loop polypropylene, an opportunity for the automotive sector. Field Actions Science Reports. The journal of field actions, n. Special Issue 19, p. 48-53, 2019.



- GAWISH, Samiha Mahmoud; RAMADAN, Ameera; MOSLEH, Sayeda El-Sayed. Improvement of polypropylene (PP) dyeing by modification methods. *Egyptian Journal of Chemistry*, v. 62, n. 1, p. 49-62, 2019.
- GOPANNA, Aravinthan et al. Polyethylene and polypropylene matrix composites for biomedical applications.
- GOYAT, Vikas. Et al. A review on mechanical properties of coir based composites. *Materials Today*:
- GUTIÉRREZ, M. C. et al. Efectos de la presencia de fibras de celulosa y curauá em las propiedades térmicas y mecánicas de eco-compósitos de acetato de celulosa. *Revista mexicana de ingeniería química*, 2018.
- HADIJI, Hajer et al. Damping analysis of nonwoven natural fibre-reinforced polypropylene composites used in automotive interior parts. *Polymer Testing*, v. 89, p. 106692, 2020.
- HOMMA, A. K.O. Amazônia: como aproveitar os benefícios da destruição? *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 54, n. 19, p. 115-135, 2005.
- HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Os japoneses na Amazônia e sua contribuição ao desenvolvimento agrícola. *Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 2009.
- ICHADO, Solomon. Propane Dehydrogenation Technology; A Viable Alternative to Meet Nigeria's Growing Propylene Demand. In: *SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition*. OnePetro, 2021.
- In: *Materials for Biomedical Engineering*. Elsevier, 2019. p. 175-216.
- JARIWALA, Hitesh, e PIYUSH Jain. A review on mechanical behavior of natural fiber reinforced polymer composites and its applications. *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 38, no. 10 (2019): 441-453.
- JAVID, Amjed et al. Engineering of surface properties of polypropylene nonwovens through oxygen plasma for enhanced color yield of pigment prints. *Pigment & Resin Technology*, 2019.
- JOSHI, S. V., et al. Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites? *Composites Part A: Applied science and manufacturing*, v. 35, n. 3, 371-376, 2004.
- Journal of the Polymer Processing Institute*, v. 18, n. 4, p. 351-363, 1999.
- KALIA, S., et al. Natural fibers, bio-and nanocomposites. 2011.
- KHALID, M. Y., AL RASHID, A., ARIF, Z. U., AHMED, W., ARSHAD, H., e ZAIDI, A. Natural fiber reinforced composites: Sustainable materials for emerging applications. *Results in Engineering*, 100263, 2021.
- KORONIS, G.; SILVA, A.; FONTUL, M. Green composites: A review of adequate materials for automotive
- KU, H., et al. A review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites. *Composites Part B: Engineering*, v. 42, n. 4, p. 856-873, 2011.
- KUMAR, A., JYSKE, T., & MÖTTÖNEN. Properties of Injection Molded Biocomposites Reinforced with Wood Particles of Short-Rotation Aspen and Willow. *Polymers*, 12(2), 257, 2020.
- KWON, Dong-Jun et al. Investigation of impact resistance performance of carbon fiber reinforced polypropylene composites with different lamination to applicate fender parts. *Composites Part B: Engineering*, v. 215, p. 108767, 2021.
- LATIFI, Mujeebul Rahman; BIRICIK, Öznur; MARDANI AGHABAGLOU, Ali. Effect of the addition of polypropylene fiber on concrete properties. *Journal of Adhesion Science and Technology*, p. 1-25, 2021.
- LEITE, Wanderson De Oliveira et al. Vacuum thermoforming process: an approach to modeling and optimization using artificial neural networks. *Polymers*, v. 10, n. 2, p. 143, 2018.
- LI, Dunzhu et al. Microplastic release from the degradation of polypropylene feeding bottles during infant formula preparation. *Nature Food*, v. 1, n. 11, p. 746-754, 2020.
- LI, T., CHEN, C., BROZENA, A. H., ZHU, J. Y., XU, L., DRIEMEIER, C., ... & HU, L. Developing fibrillated cellulose as a sustainable technological material. *Nature*, 590(7844), 47-56, 2021.



- LISETCHI, M., e BRANCU, L. The entrepreneurship concept as a subject of social innovation. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, n. 124, p. 87-92, 2014.
- LIU, W., et al. 'Green'composites from soy based plastic and pineapple leaf fiber: Fabrication and properties evaluation. *Polymer*, v. 46, n. 8, p. 2710-2721, 2005.
- LOPES, Carlos Eduardo Pinto et al. Colmos de caule de bambu e da cana-de-açúcar para a fabricação de compósitos poliméricos. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 6, p. 6364-6375, 2019.
- MARTYNIS, M. et al. Thermal pyrolysis of polypropylene plastic waste into liquid fuel: reactor performance evaluation. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, p. 012047, 2019.
- MATIAS, Áurea A. et al. Use of recycled polypropylene/poly (ethylene terephthalate) blends to manufacture water pipes: An industrial scale study. *Waste Management*, v. 101, p. 250-258, 2020.
- MATOS, Maria Izilda Santos. *Trama e poder: trajetória e polêmica em torno da indústria de juta*. 2 ed. Rio
- MERLINI, Claudia; SOLDI, Valdir; BARRA, Guilherme MO. Influence of fiber surface treatment and length on physico-chemical properties of short random banana fiber-reinforced castor oil polyurethane composites. *Polymer Testing*, v. 30, n. 8, p. 833-840, 2011.
- MESQUITA, A. L. et al. Relatório Técnico do Estudo da Avaliação Sócio- Econômica da Cadeia de Produtos de Origem Florestal. Consultoria e Assessoria Ambiental - Projeto executado com apoio financeiro da SEPLAN/Banco Mundial, 2005.
- MINILLO, L. Q., de Castro Cardoso, B. C., & ORTENZI, A. Design of nautical cleat for small-medium boats using hybrid curaua-glass fiber-reinforced epoxy. *Materials Today: Proceedings*, 34, 341-349, 2021.
- MISHRA, Roshan, et al. Effect of process conditions on the filament diameter in single screw extrusion of natural fiber composite. *Manufacturing Letters*, 32 (2022): 15-18.
- MOHAMMED, T. W., Taha, D. Y., e Abdul-Ilah, R. R. (2018). Evaluation of composite material used in the Wings of Typical Airplane based on Stress Analysis. *European Journal of Engineering and Technology Research*, 3(11), 37-41.
- MORASSI, J. O., *Fibras naturais, aspectos gerais e aplicação na indústria automobilística*, In: congresso brasileiro de engenharia e ciências dos materiais. Águas de São Pedro. ANAIS... São Paulo, SP, p. 1259-1262, 1994.
- Moroccan hemp fibers/polypropylene. *Materials & Design*, v. 49, p. 203-208. 2013.
- NAM, Tran Huu et al. Effect of alkali treatment on interfacial and mechanical properties of coir fiber reinforced poly (butylene succinate) biodegradable composites. *Composites Part B: Engineering*, v. 42, n. 6, p. 1648-1656, 2011.
- NEGRÃO, Ana Gomes; PINTO, Edna Moura; SILVA, Lucineide Balbino da. Material compósito de fibra da folha do abacaxizeiro (Ananas comosus) para uso no ambiente construído. *Ambiente Construído*, v. 20, p. 627-645, 2020.
- NETO, J. R. A., CARVALHO, L. H., ARAÚJO, E. M., *Influência da Adição de uma Carga Nanoparticulada no Desempenho de Compósitos Poliuretano/Fibra de Juta*, *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 17, nº. 1, p. 10-15, 2007.
- OKEREKE, Melody. How Pharmaceutical Industries Can Address the Growing Problem of Climate Change. *The Journal of Climate Change and Health*, p. 100049, 2021.
- OLADELE, I. O. et al. Influence of designated properties on the characteristics of dombeya buettneri fiber/graphite hybrid reinforced polypropylene composites. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2020.
- OUARHIM, W., Zari, N., & Bouhfid, R. Mechanical performance of natural fibers-based thermosetting composites. In *Mechanical and physical testing of biocomposites, fibre-reinforced composites and hybrid composites* (pp. 43-60). Woodhead Publishing, 2019.



- PARBIN, Shahana. et al. Mechanical properties of natural fiber reinforced epoxy composites: A review.
- PAUL, Parikshit, Meenakshi Ahirwar, Behera. Acoustic behaviour of needle punched nonwoven structures produced from various natural and synthetic fibers. *Applied Acoustics* 199 (2022).
- PERIYASAMY, Aravin Prince; VIKOVA, Martina; VIK, Michal. Photochromic polypropylene filaments: impacts of mechanical properties on kinetic behaviour. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2019.
- PIMENTEL, Sávio. Fotos da cooperativa mista dos juticultores de Parintins: educação histórica e ensino de história. 2018.
- PIRES, Eduardo N. et al. Efeito do tratamento alcalino de fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi. *Polímeros*, v. 22, p. 339-344, 2012.
- Procedia Computer Science* 152 (2019): 375-379.
- Proceedings* 62 (2022): 1738-1745.
- proposals for product policy initiatives. *Resources, Conservation and Recycling*, n. 88, p. 1-12. 2014.
- Química Nova*, v. 38, p. 1063-1067, 2015.
- RACHMADENA, Devi; FAIZAL, Muhammad; SAID, Muhammad. Conversion of Polypropylene Plastic Waste Into Liquid Fuel with Catalytic Cracking Process Using Al₂O₃ as Catalyst. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, v. 8, n. 3, p. 694-700, 2018.
- RAGHAVENDRA, S. et al. Mechanical Properties of Short Banana Fiber Reinforced Natural Rubber Composites. 2013.
- RAJAEI, Shahin et al. Rubberized alkali-activated slag mortar reinforced with polypropylene fibres for application in lightweight thermal insulating materials. *Construction and Building Materials*, v. 270, p. 121430, 2021.
- RAJAK, DK, PAGAR, DD, MENEZES, PL, & LINUL, E. Compósitos de polímero reforçados com fibra:
- RAMAMOORTHY, Sunil Kumar; SKRIFVARS, Mikael; PERSSON, Anders. A review of natural fibers used in biocomposites: plant, animal and regenerated cellulose fibers. *Polymer Reviews*, v. 55, n. 1, p. 107-162, 2015.
- RAMANATHAN, Arunachalam; KRISHNAN, Pradeep Kumar; MURALIRAJA, Rajaraman. A review on the production of metal matrix composites through stir casting–Furnace design, properties, challenges, and research opportunities. *Journal of Manufacturing processes*, v. 42, p. 213-245, 2019.
- RESENDE, Juliana Marques; DE OLIVEIRA, Franciny Lima; MULINARI, Daniella Regina. Avaliação de compósitos híbridos para aplicações em Engenharia. *Cadernos UniFOA*, v. 6, n. 15, p. 11-17, 2017.
- review. *Construction and Building Materials* 174 (2018): 713-729.
- RODRÍGUES, Beatriz S. et al. Remoción de hemicelulosa en fibras de Curaua (*Ananas erectifolius*) para compósitos de poliéster. *Nova scientia*, v. 10, n. 21, p. 154-172, 2018.
- SAES, Alexandre Macchione. Industrialização e política local: constrangimentos na expansão da Companhia Nacional de Tecidos de Juta no início do século XX. XIII Encontro de História Anpuh-Rio, 2008.
- SAHEB, D. Nabi; JOG, Jyoti P. Natural fiber polymer composites: a review. *Advances in Polymer Technology*:
- SELCAN TURKER, N. et al. The effect of different sterilization methods on polypropylene syringes. *Journal of Medical Devices*, v. 12, n. 2, 2018.
- SENTHILKUMAR, Et al. Mechanical properties evaluation of sisal fibre reinforced polymer composites: A
- SEO, E. S. M. et al. Obtenção de um copo mais sustentável: preparação e caracterização de fibras naturais e de biocompósitos. *InterfacEHS*, v. 14, n. 2, 2019.
- SETYOWATI, Erni. Eco-building material of styrofoam waste and sugar industry fly-ash based on nano-technology. *Procedia Environmental Sciences*, v. 20, p. 245-253, 2014.



- SHARMA, Tarun; KAUSHIK, Rohin. Effect of polypropylene fiber on properties of bagasse ash-cement stabilized clay soil. *Int. J. Emerg. Technol*, 2019.
- SIGRIST, C. S. L.; FONSECA, L. F. B.; VEIGA, J. M.; PAIVA, J. M. F.; MORIS, V. A. S., Desenvolvimento de ponto de coleta de resíduos eletroeletrônicos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 1423-1438, 2015.
- SILVA, Everton Jose da et al. Compósito cimentício com elevado teor de fibra de coco tratada: propriedades físicas e durabilidade. *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 23, 2018.
- SILVA, Giselle Maria Menezes da et al. Subjetividade e trabalho com juta e malva: um estudo em Manacapuru/AM. 2019.
- SILVA, R. et al. Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos. *Química Nova*, v.32, nº3, p.661-671, 2009.
- SINKOVICS, Noemi; SINKOVICS, Rudolf R.; YAMIN, Mo. The role of social value creation in business model formulation at the bottom of the pyramid—implications for MNEs?. *International Business Review*, v. 23, n. 4, p. 692-707, 2014.
- SIPIÃO, B. L. S. et al. Resistência ao impacto dos compósitos pp/fibras provenientes da coroa do abacaxi. *Cadernos UniFOA*, v. 5, n. 1, p. 52, 2018.
- SIRACUSA, Valentina; BLANCO, Ignazio. Bio-Polyethylene (Bio-PE), Bio-Polypropylene (Bio-PP) and Bio-Poly (ethylene terephthalate)(Bio-PET): recent developments in bio-based polymers analogous to petroleum-derived ones for packaging and engineering applications. *Polymers*, v. 12, n. 8, p. 1641, 2020.
- TIMSINA, Sulove. Investigation into mechanical properties to use recycled Polypropylene/Talc composites for car bumper application. *Technical Journal*, v. 1, n. 1, p. 54-64, 2019.
- TOMAR, Anuj; SHARMA, Tarun; SINGH, Sandeep. Strength properties and durability of clay soil treated with mixture of nano silica and Polypropylene fiber. *Materials Today: Proceedings*, v. 26, p. 3449-3457, 2020.
- VIKOVÁ, M. et al. Effect of drawing ratio on difference in optical density and mechanical properties of mass colored photochromic polypropylene filaments. *The Journal of The Textile Institute*, v. 108, n. 8, p. 1365-1370, 2017.
- WANG, Hui; ZHANG, Yingshuang; WANG, Chongqing. Surface modification and selective flotation of waste plastics for effective recycling—a review. *Separation and Purification Technology*, v. 226, p. 75-94, 2019.
- WEARN, Yves Nicolau; MONTAGNA, Larissa Stieven; PASSADOR, Fábio Roberto. Compósitos de fibra de coco/LDPE: efeito do tratamento superficial das fibras de coco em compósitos verdes. *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 25, 2020.
- WINKLERPRINS, A. M. (2006). Jute cultivation in the lower Amazon, 1940–1990: an ethnographic account from Santarém, Pará, Brazil. *Journal of Historical Geography*, 32(4), 818-838.
- YAACOB, A., Zakaria, Z. A., Jaswar, K., e Yahya, M. Y. (2017). The comparison on mechanical bonding properties of untreated coconut fiber towards synthetic fiber for fiberglass boat building. *Key Engineering Materials*, vol. 740, pp. 100-107. Trans Tech Publications Ltd.
- YASHAS GOWDA, T. G. et al. Polymer matrix-natural fiber composites: An overview. *Cogent Engineering*, v. 5, n. 1, p.