

# ECODESIGN VIA BIOCOMPÓSITOS POLIMÉRICOS: ENVELHECIMENTO, ANÁLISE ESTRUTURAL E RECICLAGEM

*ECODESIGN BY POLYMERIC BIOCOMPOSITES: AGING, STRUCTURAL ANALYSIS AND RECYCLING*

**KILDER RIBEIRO, Dr.** | UFRN

**CRISTIANO ALVES, Dr.** | UFSC

**LUIZ HENRIQUE** | UFSC

## RESUMO

Este artigo objetiva avaliar materiais bi compósitos de matriz polimérica, obtidos a base de resina poliéster com Neopentil Glicol (NPG), denominada de resina náutica. Foram confeccionadas industrialmente por laminação manual, o laminado BJ, na forma de quatro camadas de tecido de juta e o painel BMJ no formato sanduiche, com quatro camadas de tecido de juta e uma camada intermediária (núcleo) com resíduos de madeiras embebidas em resina náutica. Os compósitos foram submetidos ao processo de envelhecimento ambiental acelerado com ciclos de radiação UV e de umidade por vapor. Após o envelhecimento os mesmos foram processados e reciclados dando origem a uma terceira configuração, o painel BMJ-R (reciclado) contendo quatro camadas de tecido de juta e um núcleo híbrido com resíduos de madeira e fibras trituradas. As configurações em estado original, reciclado, envelhecido e os corpos de prova de resina náutica passaram por ensaios mecânicos de tração, flexão e compressão e ensaios físicos de densidade volumétrica. O painel BMJ também passou pelo ensaio de absorção de umidade em dois ambientes: água destilada e água do mar. E, por fim, feitas análises comparativas das características da fratura, dos desempenhos mecânicos antes e após o envelhecimento, do processo de reciclagem e da integridade estrutural foram realizadas para se formar uma compreensão da influência das diversas configurações e fatores, no comportamento mecânico dos biocompósitos poliméricos. Os resultados apontam para a viabilidade estrutural dos biocompósitos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biocompósito; Resina náutica; Envelhecimento acelerado; Reciclagem; Retenção de propriedades e fratura mecânica.

## ABSTRACT

*Biocomposites needs attempt to general services conditions with minimal changes of properties through its life cycle to serve satisfactory for industrial interests. So this thesis intent to develop new polymeric biocomposite made from polyester isofthalic resin with Neopentil Glicol (NPG) as matrix, named nautical resin. This biocomposites it's filled by wood flour and untreated woven jute-fabric. First of all, two configurations were produced by industrial hand lay-up. The BJ laminate, with four jute-fabric layers and BMJ sandwich panel, with four jute-fabric layers and an intermediate layer (nucleon) by wood flour and nautical resin were subject to accelerated ageing process with UV radiation and humidity cycles, through accelerated test device building by DCR/CNPq according ASTM G 53 – 96. After ageing the BMJ panel and BJ laminate body- proofs were processed and recycled to produce a third configuration, named BMJ-R panel (recycled) which it's containing four jute-fabric layers and an intermediate hybrid nucleon with wood flour and jute fibers grinded into nautical resin. The non-aged and recycled configurations were passed by tensile, flexural and compression mechanical properties tests and physical test of volumetric density. BMJ panel passed again for two ambient water absorption tests: distilled and sea water. Aged biocomposites and RN+NPG (nautical resin) body-proofs passed by tensile and flexural mechanical properties tests and were analyzed by mass lost degradation after ageing test to observe how its configuration and nucleon presence may influence that materials and in which aspects. The nautical resin samples works as a comparative parameter for contribution to biocomposites performance face to studied interperate factors. Analyses of fracture comparative, mechanical performance, before and after ageing, recycling processes and the structural integrity were realized to form the global understanding about the influence of the different configurations and factors into polymeric biocomposites made here.*

**KEYWORDS:** Biocomposite; Nautical resin; Natural fillers; Accelerated ageing; Recycling, Residual properties and mechanical fracture.



## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Materiais Compósitos e os Biocompósitos

O ser humano sempre buscou encontrar na natureza recursos que permitissem a ele uma melhor qualidade de vida. Os materiais dispostos na natureza foram utilizados, transformados e aperfeiçoados, ao longo dos séculos, de acordo com a necessidade, e posterior conveniência do homem (Gomes, 2003). Entretanto o uso demasiado de materiais resistentes ao desgaste natural ou não recicláveis, como é o caso dos derivados fósseis, levou pesquisadores a uma nova investida rumo ao desenvolvimento de materiais, que além de úteis na confecção e composição de objetos, sejam aptos a oferecer aplicações com um menor risco ao meio ambiente.

Nesse contexto, os materiais compósitos podem atender a variados tipos de demanda, em termos de aplicação industrial e no atendimento às causas ambientais. Os mesmos são caracterizados pela união física e/ou química de dois ou mais elementos, uma matriz e um reforço capazes de permanecerem distintos, mas mecanicamente separáveis e fabricados de modo a controlar a proporção de cada componente. Compósitos em geral são capazes de oferecer propriedades específicas que não seriam alcançadas por cada um de seus componentes quando constituídos separadamente (ASTM D3878-95).

Os materiais compósitos que mais atendem as propriedades específicas podem ser classificados como: a) compósitos verdes ou biocompósitos – são os que apresentam menor impacto ambiental, produzidos a partir de uma matriz polimérica sintética, renovável ou com característica de biodegradabilidade combinada com fibras renováveis ou naturais; e b) os compósitos híbridos que formam a classe configurada a partir de uma mistura de fibras sintéticas e/ou naturais modificadas (John e Thomas, 2008).

O interesse em desenvolver compósitos com menor impacto ambiental decorreu da preocupação de membros da comunidade científica, de governantes e da sociedade em reduzir o impacto ambiental que, segundo a Agência Europeia do Ambiente (E. E. A., 2012) a produção e o descarte de produtos não recicláveis ou não degradáveis podem estar provocando alterações climáticas, a poluição de alimentos, deterioração de leitos de rios e terras, os quais comprometem a qualidade de vida no planeta.

Biocompósitos têm sido utilizados nos setores automotivos, na construção civil e militar, de eletro-componentes, equipamentos de uso doméstico, produtos de

consumo (embalagens), no setor esportivo e aeroespacial. Sua importância econômica pode ser medida pela elevação nas projeções de demanda mundial ao longo das próximas décadas (Material Thoughts, 2002) (Dias, 2008).

No Brasil, a investigação do uso de reforços de origem vegetal vem obtendo destaque por se tratarem de fontes renováveis e disponíveis em grande quantidade no país. Existe uma enorme gama de fibras naturais com potencial para obtenção de propriedades físicas e mecânicas desejáveis para uso industrial (Marinelli, 2008). Compósitos reforçados por estas fibras são considerados menos agressivos ao meio ambiente, apresentam baixo custo de aquisição e fabricação em relação aos reforços sintéticos atualmente empregados e podem representar uma nova fonte de renda para a população rural do nordeste brasileiro (Aquino et al., 2008).

Para servir satisfatoriamente aos interesses produtivos industriais, os biocompósitos assim como qualquer outro material, necessitam atender às condições gerais de serviço com mínimas mudanças de propriedades ao longo de seu ciclo de vida. Para se prever por quanto tempo um biocompósito manterá suas características e propriedades em perfeitas condições de serviço, é determinante utilizar os testes de envelhecimento acelerado para conhecer os mecanismos que afetam sua degradação e que comprometem a aplicação industrial destes materiais.

Este artigo mostra o desenvolvimento de biocompósitos poliméricos, optando pela resina náutica (poliéster isoftálica aditivada por Neopentil Glicol) como matriz, uma vez que a mesma é considerada de maior resistência aos fatores ambientais de radiação ultravioleta, temperaturas elevadas e umidade (Peters, 1998) (Reichhold, 2012). Neste sentido, se cria possibilidades de ser aplicada na confecção de acessórios submetidos a ambientes expostos a intempéries, incluindo-se o setor náutico.

## 2. OBJETIVOS

Desenvolver novos materiais biocompósitos poliméricos, na forma de painéis e de laminados. Os mesmos são obtidos a base de resina poliéster com Neopentil Glicol, denominada de resina náutica, e possuem como reforços, resíduos de madeira e tecidos bidirecionais de fibras de juta. O desempenho mecânico é analisado bem como a sua integridade estrutural após os mesmos serem submetidos às condições de envelhecimento ambiental acelerado. O processo de reciclagem dos biocompósitos envelhecidos é empregado na concepção de um novo biocompósito.

### 3. METODOLOGIA

Inicialmente duas configurações de biocompósitos (laminado e painel sanduíche) foram desenvolvidas (figura 1) e submetidas ao processo de envelhecimento ambiental no modo acelerado, após serem confeccionados industrialmente. O biocompósito do tipo laminado foi confeccionado na forma de 04 (quatro) camadas de tecido bidirecional de fibras de juta. O mesmo foi definido como laminado BJ. O biocompósito na forma de painel sanduíche possui quatro camadas de tecido bidirecional de fibras de juta e uma camada central (núcleo) constituída de resíduos de madeira, sendo definido como painel BMJ.

Para os biocompósitos no estado original (sem terem sido expostos ao envelhecimento), foram confeccionados corpos de provas para determinação das propriedades mecânicas de tração e compressão uniaxial, flexão em três pontos e de propriedades físicas por meio do ensaio de densidade volumétrica, conforme normas ASTM D638-10, ASTM D3039M-08, ASTM D 790 - 07. As configurações envelhecidas (laminado BJ, painel BMJ e a resina náutica não reforçada) foram ensaiadas quanto às propriedades mecânicas de tração uniaxial e flexão em três pontos.



Figura 1 – Produção dos biocompósitos.

A integridade estrutural dos biocompósitos foi avaliada assim como sua deterioração por perda de massa observando as possíveis perdas e/ou ganhos em suas propriedades mecânicas durante e após o teste de envelhecimento. Este estudo também foi desenvolvido com relação ao comportamento mecânico do painel BMJ após envelhecimento por absorção de umidade, tanto em água salgada quanto em água destilada, e na forma mais agressiva de exposição, ou seja, a da imersão do material. Esse comportamento foi comparado, em sequência, ao do biocompósito no estado original.

Após o processo de envelhecimento ambiental (ASTM G 53 - 96) e da realização dos ensaios mecânicos, os corpos de prova dos biocompósitos foram reprocessados para confecção da terceira configuração no formato de painel, mantendo a mesma configuração do painel original, exceto pela formação de um núcleo híbrido, ou seja, composto por resíduos de madeira e fibras de juta,

ambos reprocessados. Este novo biocompósito passou pelos mesmos ensaios físicos e mecânicos realizados para as duas configurações iniciais.

Concluída toda a parte experimental referente aos ensaios mecânicos, foi realizada uma série de análises em níveis macroscópicos e microscópicos da caracterização da fratura mecânica dos biocompósitos e da resina náutica para todas as condições de ensaios. Por último, foi realizada a avaliação global das propriedades mecânicas quanto à influência do tipo de configuração e do processo de reciclagem.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo analisará por meio de estudos comparativos entre os biocompósitos a influência da configuração dos mesmos, caracterizada pela presença dos núcleos (original e reciclado) nas propriedades mecânicas nas diversas condições de ensaios.

A análise se dará em três partes distintas: a primeira estabeleceu relações entre os tipos característicos das fraturas apresentadas em cada ensaio e os danos ocorridos nos laminados e painéis produzidos; a segunda parte inicialmente estabelecerá comparações entre o desempenho mecânico do laminado (BJ) com os painéis no estado original (BMJ) e reciclado (BMJ-R); em seguida será determinada essa influência nas propriedades residuais dos biocompósitos submetidos, tanto aos processos de envelhecimento ambiental acelerado e de imersão em água destilada, quanto ao processo de reciclagem. O estudo tem por parâmetro o laminado BJ e o painel no estado original BMJ. Todas as configurações foram analisadas nos ensaios de tração uniaxial e flexão em três pontos, e apenas os biocompósitos originais e o painel reciclado foram observados quanto à compressão; por último será apresentado e comentado um comparativo entre a deterioração por perda de massa entre os biocompósitos produzidos e a resina náutica que lhes serviu de matriz.

#### 4.1. Comparativo de Fratura em Biocompósitos

Ao se comparar os tipos de danos presentes em cada ensaio realizado, seja na tração uniaxial, flexão em três pontos ou na compressão uniaxial, pretende-se entender como a presença do núcleo em laminados compósitos interfere na formação e propagação do dano através de um estudo comparativo.

As três configurações em estado original: laminado BJ, painel BMJ e painel BMJ-R, apresentaram alguns aspectos em comum. Os mais significantes foram o mesmo modo de fratura final do tipo LGM (fratura lateral na região

mediana do galgo) e a concentração de danos na região de fratura final, que resultaram numa distribuição menos intensa ao longo dos corpos de prova o que tornam por caracterizar tais materiais como frágeis.

No ensaio de tração uniaxial, observa-se que as diferentes composições na estrutura produziram danos diferenciados, até mesmo entre os painéis BMJ e BMJ-R, como é demonstrado na figura 2.

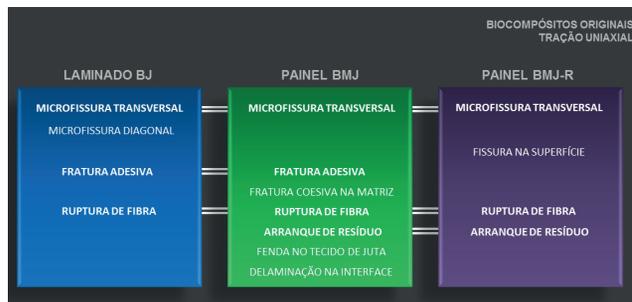


Figura 2 – Relação entre tipos de fratura dos biocompósitos originais na tração uniaxial

Apenas dois aspectos estiveram presentes em todos os materiais, as microfissuras transversais e as rupturas de fibra. Não ocorreram muitos pontos de correlação entre os painéis (arranque de resíduo) ou destes com o laminado BJ (fratura adesiva), o que reforça que as modificações nos biocompósitos podem resultar em distintas características de fratura. O núcleo híbrido não apenas melhorou o desempenho mecânico do painel BMJ-R, mas tornou-o também menos propenso aos danos registrados no painel original.

No caso da flexão em três pontos outro fator é percebido. Os compósitos que não tiveram em sua composição qualquer material envelhecido ou degradado registraram um maior número de aspectos em comum, como visto na figura 3.

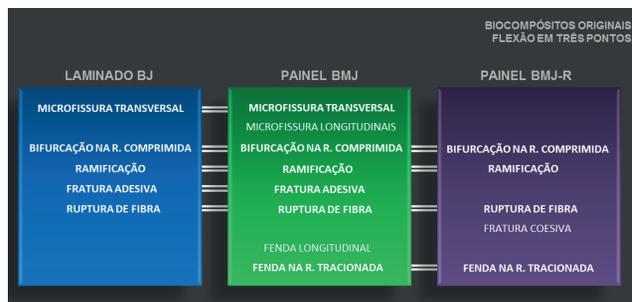


Figura 3 – Relação de tipos de fratura entre biocompósitos na flexão em três pontos.

Contudo, em todos os compósitos ocorreram bifurcações da fratura final na região comprimida com ramificações e rupturas de fibra, este último aspecto foi comum a todos os biocompósitos aqui estudados.

No ensaio de compressão a qualidade do sistema fibra/matriz e o tipo de carga aplicada produziram comportamentos bastante distintos. Na prática, não foram observadas importantes relações de semelhança nem mesmo entre os painéis, a exceção da fratura adesiva e da ruptura de fibra, como observado no comparativo da figura 4.

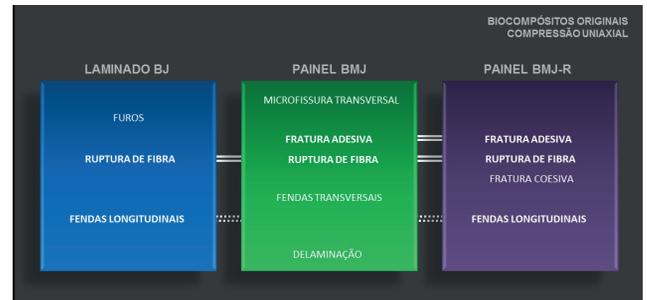


Figura 4 – Relação de tipos de fratura entre biocompósitos na compressão uniaxial

Dessa forma, registrou um maior número de microfissuras, fraturas, rupturas de fibras, fendas ou delaminações, notadamente em relação ao painel reciclado. O melhoramento do processo de laminação do BMJ-R diminuiu a ocorrência de imperfeições, além de melhorar as variadas interfaces do painel, resultando com isto num mecanismo de dano menos intenso.

Na análise das fraturas entre os biocompósitos em estado envelhecido ou com componentes que sofreram envelhecimento, observa-se que na tração uniaxial as diferentes composições na estrutura mantêm os danos diferenciados. Há, entretanto um maior número de fraturas, que permitem estabelecer relações tanto entre painéis quanto destes com o laminado BJ-E, como é demonstrado na figura 5.



Figura 5 – Relação de tipos de fratura entre biocompósitos envelhecidos na tração uniaxial.

Assim, em todos os ensaios realizados o laminado BJ, configuração sem a presença de um núcleo, registrou os melhores resultados. A presença de um núcleo aumenta o número de camadas e, por conseguinte também o número interfaces, tornando mais complexa a perfeita adesão entre as camadas, bem como da interface entre reforço e resina. Em grande parte, isto explica o desempenho mecânico inferior que os painéis apresentaram.

Apesar das melhorias em sua fabricação o painel BMJ-R possui em seu núcleo híbrido reforços degradados, que embora estejam protegidos por novas camadas de resina e de tecido bidirecional de fibras de juta, estes podem ter reduzido seu desempenho mecânico em alguns ensaios.

#### 4.2. Comparativo de Desempenho Mecânico dos Biocompósitos

Na figura 6 estão dispostas, em comparativo, as variações nas propriedades de tensão e de módulo de elasticidade medidos na tração uniaxial dos painéis BMJ e BMJ-R em relação ao laminado BJ, enquanto que nas figuras 7 e 8 apresentam essas variações de propriedades para os casos de flexão em três pontos e da compressão uniaxial, respectivamente.

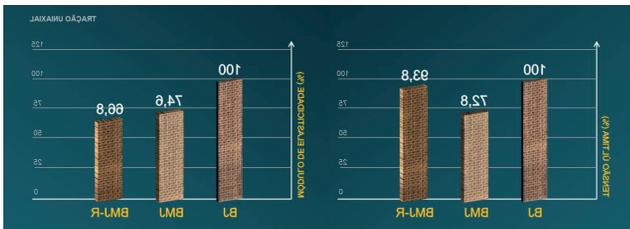


Figura 6 – Variação entre propriedades dos biocompósitos originais na tração uniaxial.

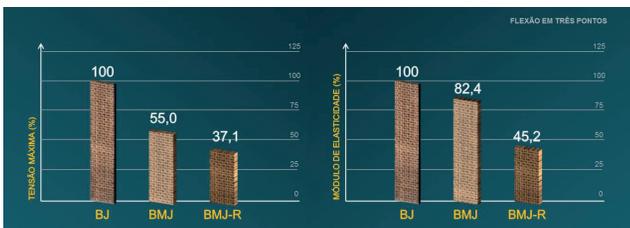


Figura 7 – Variação entre propriedades dos biocompósitos originais na flexão em três pontos.

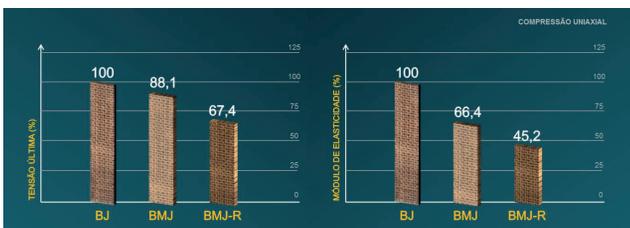


Figura 8 – Variação entre propriedades dos biocompósitos originais na compressão uniaxial.

É importante notar que o fato de na tração a tensão última do painel reciclado ter superado a do painel em estado original pode decorrer de uma concentração aleatória de reforço com menor degradação em seu núcleo, já que apenas uma face dos corpos de prova reprocessados foi totalmente exposta ao envelhecimento ambiental acelerado.

No caso do desempenho mecânico dos biocompósitos laminado BJ-E, painel BMJ-E e painel BMJ-U no estado envelhecido ou degradado pela saturação na água

destilada, foram avaliados em termos das suas respectivas integridades estruturais, ou seja, a partir da determinação das propriedades residuais (retenção das propriedades) de resistência e módulo de elasticidade com relação às mesmas configurações em estado original.

Tanto a resistência residual quanto o módulo de elasticidade residual foram determinados pela razão entre os respectivos valores obtidos no estado envelhecido e no estado original para cada biocompósito estudado. No caso do painel BMJ-R a presença nos comparativos de suas propriedades residuais se justifica pelo fato dos reforços de seu núcleo terem passado pelo processo de envelhecimento. Todo o estudo será desenvolvido através do comparativo dessas propriedades para os ensaios de tração e flexão em três pontos.

Dessa forma, como mostra a figura 9, os valores da resistência residual e módulo de elasticidade residual medidos na tração uniaxial dos biocompósitos envelhecidos e degradados. Já a figura 10 mostra os valores da resistência residual e módulo de elasticidade residual medidos na flexão em três pontos dos mesmos biocompósitos já observados na tração.

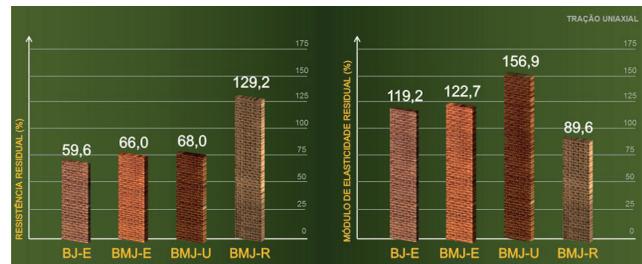


Figura 9 – Resistência residual e módulo de elasticidade residual dos biocompósitos envelhecidos na tração uniaxial.

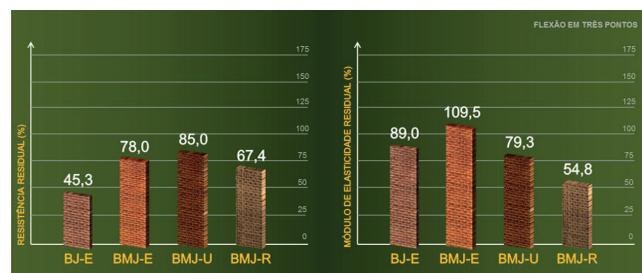


Figura 10 – Resistência residual e módulo de elasticidade residual dos biocompósitos envelhecidos na flexão em três pontos.

Se observa que o laminado BJ, que no estado original apresentou um desempenho superior aos demais biocompósitos em termos de resistência, demonstrou ter maior suscetibilidade ao envelhecimento acelerado, registrando os menores valores de retenções dessa propriedade, quando comparado ao painel BMJ, independente

do tipo de carregamento, condições de envelhecimento e processo de reciclagem. Quase todos os materiais envelhecidos apresentaram melhora em seu módulo de elasticidade na tração, a exceção do painel BMJ-R.

Para finalizar as análises de desempenho mecânico, na figura 11 é possível observar em visão simultânea um comparativo global da resistência última e rigidez dos biocompósitos em estado original, envelhecidos e reciclado em todos os ensaios realizados.

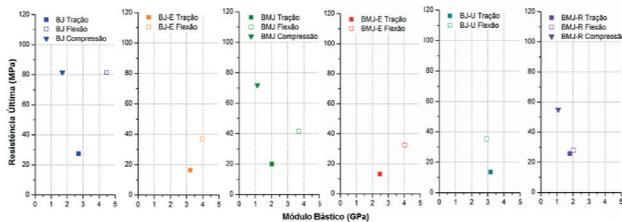


Figura 11 – Comparação global do desempenho mecânico dos biocompósitos.

A análise através do comparativo acima permite observar como o laminado sofre uma maior degradação quando envelhecido, perdendo grande parte de seu desempenho, sobretudo na flexão. Também fica evidente que nas diferentes configurações e condições, muito embora tenha apresentado resultados inferiores ao laminado em estado original, o painel BMJ consegue manter a maior parte de suas propriedades mecânicas, ou seja, possui uma maior vida útil em condições de serviço.

### 4.3. Comparativo de Deterioração por Perda de Massa

O estudo da perda de massa realizado de modo contínuo durante o teste de envelhecimento e imediatamente ao final dos ciclos de radiação e de umidade por vapor aquecido pretende aqui entender como tais fatores se relacionam entre os biocompósitos com e sem a presença de um núcleo em sua configuração. A figura 12, a seguir, é um comparativo entre a perda de massa dos biocompósitos em relação à resina náutica durante o teste de envelhecimento ambiental acelerado, perdas essas medidas após exposição ao ciclo de radiação ultravioleta.

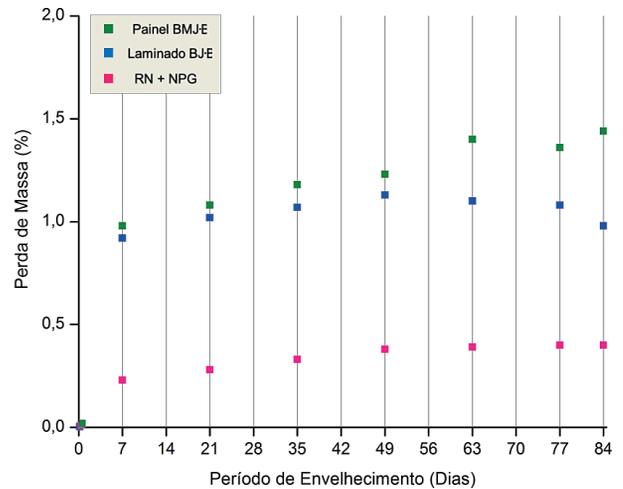


Figura 12 – Perda de massa entre a resina náutica e biocompósitos envelhecidos após exposição de radiação ultravioleta.

Em observância aos resultados, a perda de massa registrada unicamente na resina corresponde apenas a 27% da perda registrada pelo painel BMJ-E e 34% da perda registrada pelo laminado BJ-E. Já na figura 13 é observado um comparativo entre a perda de massa dos biocompósitos em relação à resina náutica durante o teste de envelhecimento ambiental acelerado, perdas essas medidas após exposição ao ciclo de vapor aquecido.

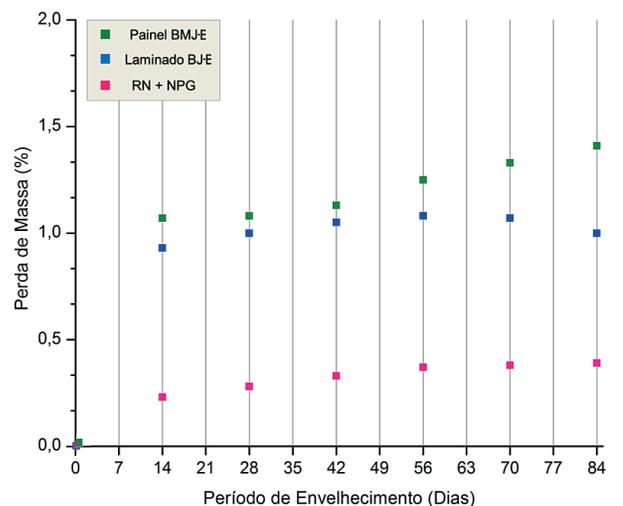


Figura 13 – Perda de massa entre a resina náutica e biocompósitos envelhecidos após exposição de vapor aquecido.

No caso das medidas efetuadas após o ciclo de vapor aquecido, os resultados mostram que a perda de massa verificada unicamente pela resina, equivale a 28% da perda ocorrida no painel BMJ-E e 40% da perda registrada no laminado BJ-E. Como esperado os biocompósitos perdem mais massa que a resina, isto devido à degradação dos reforços naturais, mais sensíveis aos efeitos da temperatura

elevada e da absorção de umidade e principalmente da degradação ocorrida na interface fibra/resina. Há, contudo um ponto importante para se destacar, o painel BMJ, perde massa apresentando o mesmo perfil que o da resina náutica.

Outro fator também a ser levado em conta é a qualidade de adesão entre as camadas tanto do laminado BJ quanto do painel BMJ, as quais podem ter sido afetadas pelo processo de envelhecimento. Todos esses fatores contribuem para que a resina náutica perca em grande parte a sua capacidade de suportar intempéries sem sofrer um processo mais intenso de deterioração.

## 5. CONCLUSÕES

Os polímeros reforçados com materiais de origem vegetal apresentam um ciclo de vida reduzido, com perda de propriedades, em alguns casos acentuados, todavia oferecem um baixo custo de aquisição e processamento. A sua maior capacidade de degradação, que poderia significar um empecilho a sua aplicação industrial, também representa o benefício de oferecer um menor impacto ao meio ambiente. A reciclagem realizada neste estudo possibilitou uma extensão do ciclo de vida do material, para moderadas condições de serviço. Entretanto os benefícios socioeconômicos decorrentes da redução do despejo de matéria orgânica na natureza (resíduos de madeira em lixões de centros urbanos) ou de materiais processados industrialmente evita que os mesmos funcionem como agentes poluentes dos meios urbanos ou rurais, que se constitui uma das maiores agressões ao nosso ecossistema.

## REFERÊNCIAS

AQUINO, E. M. F. S. & SILVA, R. V.: Curaua fiber: a new alternative to polymeric composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, Vol. 27, 1, pp103-112, 2008.

ASTM D 3878-95: Standard terminology for composite materials, Philadelphia (PA): American Society for Testing and Materials; 1995.

DIAS, A. G.: Polímeros naturais. *Jornal dos Plásticos*. Rio de Janeiro: DQO/Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2008.

E. E. A. Alterações Climáticas. Agência Europeia do Ambiente. Artigos e Relatórios. Disponível em:

<<http://www.eea.europa.eu/pt/themes/climate/about-climate-change>> Acesso em: 18 de novembro de 2012.

GOMES, L. V. N.: Artes do desenho: Desenhismo. Santa Maria – RS, Ed. U.F.S.M., 2003

JONH, M. J. & THOMAS, S.: Review: Biofibres and biocomposites. *Carbohydrates Polymers*, Vol. 71, 2008.

MARINELLI, A. L.; MONTEIRO, M. R.; AMBRÓSIO, J. D.; BRANCIFORTI, M. C.; KOBAYASHI, M. & NOBRE, A. D.: Desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras vegetais naturais da biodiversidade: uma contribuição para a sustentabilidade amazônica. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 18, n. 2, p. 92-99, 2008.

MATERIAL THOUGHTS.: Fiber reinforced plastic use. *Plastic News*. August, 2002.

PETERS, S. T.: Handbook of composites. Chapman & Hall. Cambridge University Press, 1998.

REINCHOLD: Guia de produtos compositos. Reinhold do Brasil, 2012.

## AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4162-1669>

**KILDER CÉSAR DE ARAUJO RIBEIRO, Dr.** | Universidade Federal do Rio Grande do Norte | Design | Natal, RN - Brasil | Correspondência para: Rua dos Tororós, 2392 - Ed. Bellagio, apto 2002 - Lagoa Nova, Natal - RN, 59054-550 | E-mail: [kildercesar@gmail.com](mailto:kildercesar@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2541-300X>

**CRISTIANO ALVES DA SILVA, Dr.** | Universidade Federal de Santa Catarina | Design | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: R. Santos Saraiva, 739 - Apto 101 - Estreito - Florianópolis/SC - 88070-100 | E-mail: [cralves-design@gmail.com](mailto:cralves-design@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6572-8276>

**LUIZ HENRIQUE CASTOR FREIRE** | Universidade Federal de Santa Catarina | Design | Florianópolis, SC - Brasil | Correspondência para: Rua Doutor Vila Nova 186, Villa Buarque, São Paulo- SP: 01222-020 | E-mail: [luizhenrique\\_freire@hotmail.com](mailto:luizhenrique_freire@hotmail.com)

## COMO CITAR ESTE ARTIGO

RIBEIRO, Kilder; ALVES, Cristiano; HENRIQUE, Luiz. Ecodesign via biocompósitos poliméricos: Envelhecimento, análise estrutural e reciclagem. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 35-42, mar-jun. 2019.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073>. MIX2019.v5.n1.35-42.

**DATA DE ENVIO:** 27/07/2018

**DATA DE ACEITE:** 08/11/2018

---