

Design e compósitos naturais: análise do uso de fibra de juta em carenagens de veículo de competição

Design and natural composites: analysis of the use of jute fiber in coverings of competition vehicle

Luiz Henrique Castor Freire

luizhenrique_freire@hotmail.com

Cristiano Alves

cralvesdesign@gmail.com

Daniela Estaregue Alves

daniesta@gmail.com

Marilia Matos Gonçalves

marilinhamt@gmail.com

Resumo

A depreciação dos recursos naturais tem contribuído para o aumento da problemática ambiental. Nesse contexto, os materiais compósitos podem contribuir com a redução do uso descontrolado de recursos, pois podem durar longo período de tempo de uso, devido sua grande resistência a intempéries. Atualmente, fibras naturais têm sido utilizadas para reforçar compósitos. Assim, esse trabalho objetiva analisar a viabilidade de uso de fibras de juta como reforço em carenagens de veículo de competição. As carenagens foram confeccionadas em processo de Hand Lay-up em molde aberto. Os resultados apontam para a viabilidade de uso, pois todo o processo reduziu o tempo de confecção das peças, aumento da rigidez das carenagens e, seu processo de montagem e desmontagem no veículo. Ainda, a confecção das carenagens não implicou em qualquer irritação de pele dos operadores, apontando que além da viabilidade mecânica de uso, as fibras de juta colaboraram com a salubridade do processo.

Palavras-chave: Fibra de Juta; Fibra natural; Fórmula SAE; Design Sustentável

Abstract

The depletion of natural resources has contributed to the increase of environmental problems. In this context, composite materials can contribute to the reduction of the uncontrolled use of resources, since they can be used for long time, due to their great environmental resistance. Currently, natural fibers have been used to strengthen composites. Thus, this work aims to analyze the feasibility of using jute fibers as reinforcement in coverings of competition vehicle. The coverings were produced by Hand Lay process, in open mold. Results point out to the feasibility of

use, as the process reduced the time of the whole production, increased the rigidity of the parts and their assembly and disassembly in the vehicle. Moreover, the production of the covering did not imply any skin irritation of the operators, indicating that in addition to the mechanical feasibility, the jute fibers collaborated with the wholesomeness of the process.

Keywords: *Jutefiber; Natural fiber; Formula SAE; Sustainable Design*

1. Introdução

1.1 O problema ambiental e os materiais compósitos

A evolução tecnológica e social do homem é resultado da sua capacidade de extrair recursos naturais e os manipulá-los ao seu favor. Com tudo, foi na revolução industrial que houve a intensificação do ritmo de produção, demanda de produtos e conseqüentemente acarretou no aumento de consumo de matéria prima, principalmente nos períodos de guerra, quando houve o consumo do capital natural priorizando o desenvolvimento, e sem preocupação ou pesquisa que buscasse entender os efeitos dessa industrialização acelerada. Com conseqüência do desenvolvimento das indústrias e do descarte desmedido de dejetos tornou-se visível os impactos da extração e da utilização dos materiais, poluição, desequilíbrio ambiental, extinção de fauna e flora e escassez de recursos naturais(SILVA, 2011)

Com impactos cada vez piores, nos anos 60, movimentos ambientalistas que, ao lado da natural competitividade de mercado, seguem pressionando as empresas a adotarem novos padrões de produção que diminuam o consumo e o desperdício de recursos naturais. Entretanto, foi só por volta dos anos 70 que se notou a necessidade de um desenvolvimento sustentável, nomeado primeiramente como ecodesenvolvimento. Trazendo à tona a necessidade de mudanças no estilo de vida da população, com o objetivo de garantir a qualidade de vida do planeta e de seus habitantes (SILVA, 2011)

Assim fez-se necessário repensar o sistema produtivo que desse como resultado produtos ecologicamente corretos, portanto, produtos que busquem em seu ciclo de vida minimizar os seus impactos ambientais. Juntamente com uma mudança de hábitos, ritmo de consumo, e valores da sociedade moderna. Focando em satisfazer suas necessidades básicas ao invés de necessidades sociais motivadas por cobiça(SILVA, 2011)

Dessa forma, o engineering design (Alves, 2010) se mostra uma alternativa de nova ética projetual, que priorize projetos de produtos que contribuam para o bem estar social e não mais para o consumo despropositado e excessivo. A análise de aspectos sociais e ambientais são encargos da atividade que tem por fim projetos industriais, pois o seu processo produtivo é o principal exercício realizado pelo homem responsável pela alteração do ambiente. Portanto, são encargos do design além das questões de estética/forma dos objetos, também as potencialidades da prática de vida de uma comunidade, ou seja, nos seus hábitos e formas de relações com o ambiente em que vive. O que faz com que as preocupações do design não somente sobe a técnica e a econômica,

mas também, sobre as variáveis da sociedade, para que assim, possa ser condizente com uma possível ética de sociedade sustentável.

Nesse contexto, uma das maneiras na qual o design pode contribuir com o desenvolvimento sustentável é na escolha e manuseio de materiais. Assim, os materiais compósitos, sejam compósitos reforçados com fibras sintéticas ou, principalmente, reforçados com fibras naturais, vem se destacando quando se objetiva redução da depredação dos recursos naturais.

1.2 Materiais compósitos naturais e suas aplicações

Materiais compósitos têm sido usados por seres humanos por alguns milênios. Atualmente, os compósitos de matrizes poliméricas mais comuns, capazes de transportar cargas significativas, utilizam como reforços carbono, aramida (poliamidas aromáticas) ou fibras de vidro. Podem ser encontradas contribuições significativas na literatura sobre seu comportamento mecânico em condições estáticas e dinâmicas, seu comportamento de envelhecimento e, mais recentemente, seu impacto ambiental (SHAH; LAKKAD, 1981).

Os materiais compósitos normalmente distinguem-se de três formas diferentes(Figura 01):compósitos de fibras, que consiste em fibras de um determinado material reforçando uma matriz de outro material (ex: fibras de carbono, kevlar, vidro, juta em matrizes poliméricas); compósitos de partículas, composto por partículas de grandes dimensões de um determinado tipo material dispersam numa matriz de um outro tipo de material (ex: concreto e asfalto); compósitos laminares, que é formado por laminas de diferentes materiais, incluindo compósitos dos dois tipos anteriores (ex: contra placados, laminados de fibras e resina, sandwich) (RENNY, 2004). Compósitos também são classificados pelo material de sua matriz, podendo ser constituída de metal, cerâmica, e polímero. São exemplos de indústrias que já utilizam compósitos em sua cadeia produtiva: aeronáutica/aeroespacial, a construção civil, marítima, desportos de alta competição a laser e a indústria automobilística.(FURTADO et al., 2014)

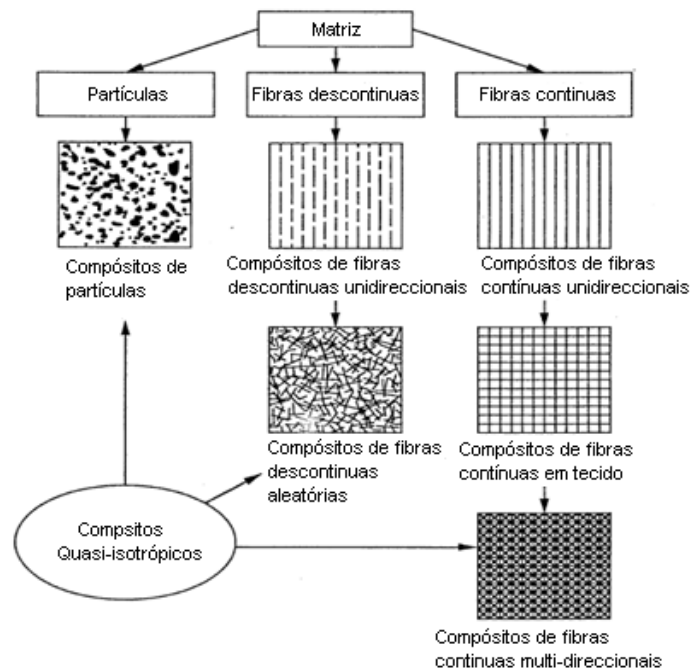


Figura 01 – Tipos de materiais compósitos (FURTADO et al., 2014)

A indústria de automóvel em particular está constantemente à procura de produtos que são mais leves, mais ecológicos e ainda são adequados para a produção em massa a baixo custo. Empresas estão buscando materiais que combinam diferentes propriedades, como isolamento acústico e peso reduzido. Estima-se que, APROXIMADAMENTE, 75% do consumo de energia de um veículo está diretamente relacionado a fatores associados ao peso do veículo. Para melhorar a economia de combustível, os fabricantes concentraram-se em reduzir o peso do automóvel, principalmente através de métodos de fabricação que utilizam matérias-primas que oferecem a resistência do aço sem seu peso. Compostos reforçados por fibras vegetais como juta, linho, cânhamo ou hemp, tem se mostrado uma boa alternativa. Empresas como a BMW, dizem ser possível fabricar compósitos à base de fibra biodegradável que são até 40 por cento mais leves do que peças de plástico moldadas por injeção equivalentes (HOLBERY; HOUSTON, 2006) (SHAH.; LAKKAD, 1981). Principal motivo para isso, as fibras naturais são baratas e têm uma melhor rigidez em relação ao peso de vidro, o que resulta em componentes mais leves. Segunda razão, materiais naturais, materiais ecológicos vêm de recursos renováveis, e opções de reciclabilidade os torna atraentes para a ecologia. As fibras de juta receberam muita atenção no campo dos compósitos reforçados com fibras vegetais devido ao seu baixo custo e à sua biodegradabilidade (SHERMAN, 1999) (HARISH et al., 2009). O uso de fibra de juta para compósitos tem muitas vantagens. A juta é renovável, versátil, não abrasiva, porosa, hidróscópica, viscoelástica, biodegradável, combustível, compostável e reativa (SAPUAN, 2005). A fibra tem uma alta resistência à relação de peso, é baixo consumo de energia e tem boas propriedades de isolamento (CARVALHO, 2009) (SORENSEN; CHANG, 1991). Tal como nos compósitos de fibras sintéticas, as propriedades mecânicas do produto final dependem das propriedades individuais da matriz, da fibra e da natureza da interface entre elas (ROWELL, 1997) (GOWDA; NAIDU; CHHAYA, 1999).



Mercedes-Benz Classe 'A'



Mercedes-Benz Classe 'E'. Conseguiu-se uma redução de peso em cerca de 20% com o uso de linho/Sisal.

(Figura 02) – Exemplos de aplicação de fibras naturais na indústria automóvel. Mercedes-Benz Classe 'A' e Classe 'C'(FURTADO et al., 2014)

Por outro lado, o interesse da indústria em utilizar materiais "mais verdes" (de fontes renováveis) vai além de reduzir a carga ambiental, mas é também uma forma de atrair para um mercado crescente e ambientalmente consciente. Nos últimos anos, devido à crescente preocupação ambiental consciência e preocupação social, muitas pessoas procuram produtos industriais, além da aparência e desempenho (Figura 02). Eles estão perguntando tudo sobre os ciclos de vida dos produtos, por exemplo, como eles são feitos e como eles são eliminados. Em um mundo com recursos naturais finitos e muitos impactos ambientais, a discussão sobre o esgotamento dos recursos naturais levou ao interesse em matérias-primas renováveis. (FARUK, 2006)

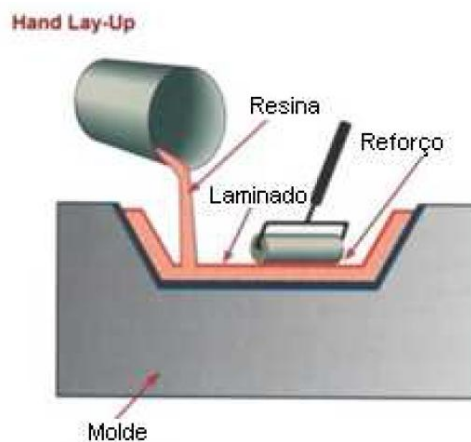
1.3 A fórmula SAE

A SAE (Society of Automotive Engineers) organiza competições estudantis a fim de padronizar e qualificar as práticas de desenvolvimento e de produtos de engenharia. As competições envolvem a produção de veículos com finalidades distintas, e ocorrem de nível regional a internacional. Entre tais competições, podemos citar: SAE Clean Snowmobile Challenge®, veículos para neve, SAE Supermileage Competition®, Baja SAE® Series e Fórmula SAE® Series, este último também inclui uma categoria para híbridos, e na área aeronáutica, com o SAE Aero Design® Series. Dessas categorias somente as três últimas foram trazidas ao Brasil. Dentro da categoria do estudo de caso desse trabalho (Formula SAE® Series), a equipe se divide para projetar um veículo para atender as questões estruturais, mecânicas, elétrica, eletrônica e aerodinâmica. Dentre as funções do design está o projeto e execução da carenagem que atenda os requisitos estéticos, e mantenham características de desempenho como resistência e baixo peso e custo (SILVA, 2015).

Em 2010 é composta a equipe Fórmula UFSC, formada por estudantes de Engenharia da Universidade Federal de Santa Catarina, a equipe participou de 6 competições desde sua formação, correndo em todos os anos de 2010 à 2016, A competição se consolida a cada ano, contando, em 2016, com 40 equipes com veículos movidos a combustão e 10 equipes com veículos elétricos. Os veículos são submetidos em provas estáticas e provas dinâmicas. As provas estáticas avaliam adequação do veículo ao regulamento proposto pela SAE e

pontua as escolhas dos projetos que compõem o veículo. As provas dinâmicas avaliam o desempenho do carro em pista.

As carenagens dos protótipos têm efeitos técnicos e estéticos cruciais para a equipe. A carenagem deve amenizar o arrasto aerodinâmico, e garantir que o escoamento de ar flua nas áreas onde há a necessidade de fluxo, como asas e radiadores. Assim, é a carenagem, também, a responsável pela principal ferramenta de pregnância da equipe, ela tem o papel de ligar o projeto do carro a equipe por meio da distinção entre os demais veículos da competição. Finalmente, é a principal forma de divulgação dos patrocinadores, que são os responsáveis pelo financiamento da equipe. De 2010 a 2015 a equipe UFSC desenvolveu veículos com carenagens confeccionadas em materiais compósitos reforçados com fibras de vidro via processo Hand Lay-up (Figura 03).



(Figura 03)–Representação esquemática da moldagem por Hand Lay-up, ou manual(FURTADO et al., 2014)

O vidro demonstrou-se uma boa escolha devida sua relativa leveza, ampla disponibilidade e a seu baixo custo, em comparação com outros materiais tradicionalmente utilizados, como fibra de carbono. Contudo, como visto anteriormente, os compósitos reforçados com fibras sintéticas possuem impactos ambientais significativos, principalmente na fase de uso, quando comparado com compósitos reforçados com fibras naturais.

Desse modo, em 2016, a equipe Fórmula UFSC desenvolveu seu primeiro veículo com carenagens em compósitos naturais, reforçados com fibras de juta, devido vantagens como: menor custo, maior leveza, resistência mecânica semelhante à fibra de vidro e, principalmente, menor insalubridade de manuseio. (SILVA, 2010) (FURTADO et al., 2014)

2. Objetivos

O objetivo desse trabalho é a análise da confecção de carenagens, do veículo de corrida Fórmula UFSC, em compósitos reforçados com fibras de juta biaxiais em processo Hand Lay-up, a fim de compreender a viabilidade funcional das mesmas no veículo estudo de caso, em substituição aos compósitos reforçados com fibras de vidro. Ainda, objetiva

compreender a viabilidade de produção das carenagens, em fibra de juta, em processo de molde aberto (Hand Lay-up).

3. Metodologia

Neste trabalho foram utilizadas fibras de juta, tecidas em mantas biaxiais, para reforçar as peças em compósitos. A juta foi obtida com a empresa Tapetes São Carlos, localizada na cidade de São Carlos/SP. A resina epóxi (matriz) foi obtida, foi obtida com as empresas Redelease, localizada na cidade de Barueri/SP e pela Confibras localizada na cidade de São José/SC. O catalisador (PMEK) foi obtido com as empresas Redelease, localizada na cidade de Barueri/SP e pela Confibras localizada na cidade de São José/SC

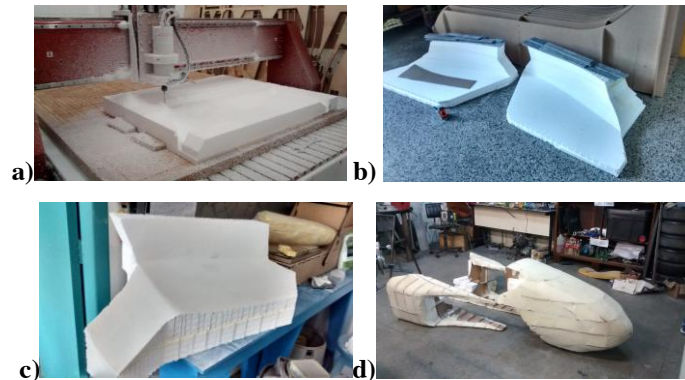
As carenagens foram confeccionadas separadamente, em um total de 8 partes, por meio do processo Hand Lay-up, muito utilizado na fabricação de compósitos reforçados com fibras de vidro para diversos setores industriais. As carenagens foram preparadas com 3 camadas de fibras, alinhadas de maneira aleatórias nos respectivos moldes para posterior aplicação da resina epóxi, por meio de pincéis e rolos de aplicação.

Os moldes foram confeccionados de EPS (poliestireno expandido), por meio de usinagem em centro de usinagem tipo Router. Posteriormente, foi aplicado gesso em suas respectivas superfícies e alisadas via lixamento. Finalmente, as peças foram retiradas dos moldes, pintadas, polidas e adicionadas de dispositivos de fixação, assim, foram fixadas ao chassi do veículo.

4. Resultados e discussões

4.1 Construção dos moldes

O projeto contém 8 carenagens, portanto, possui 8 moldes de EPS (12kg/m^3) usinados em um torno CNC (Figura 5a), o acabamento dos moldes foram feitos com massa composta da mistura de massa PVA e gesso de secagem rápida na proporção 2:1, respectivamente (Figura 5b e 5c). Nos anos anteriores à 2016, confeccionou-se manualmente, o modelo físico (positivo) das peças e então desses modelos foram extraídos seus moldes (negativos), também em processo manual. Tais processos manuais implicam em grande desperdício de matéria-prima, maior custo, grande tempo de execução, além de demandar grandes habilidades do profissional envolvido. Contudo, na versão 2016 foi aplicado um desenvolvimento direto, onde as carenagens foram modeladas em modelo matemático (digital) e destes modelos digitais foram extraídos os modelos dos moldes, também digitais. Dessa forma, foi possível desenvolver os moldes finais em usinagem mecânica. Tal planejamento e tomada de decisão permitiu a redução do tempo de confecção dos moldes em, aproximadamente 50%, comparado ao tempo de confecção dos moldes do ano de 2015 e, aumento significativo da qualidade dos mesmos, também comparado aos moldes das carenagens dos veículos anteriores (Figura 5d).



(Figura 5) –(a) Usinagem de moldes em CNC; (b) Moldes de isopor usinados em CNC; (c) Moldes de EPS usinados em CNC com acabamento em massa PVA e gesso; (d) Molde da carenagem da temporada de 2015 (elaborado pelos autores)

4.2 Confeção e fixação das carenagens

A confecção das carenagens foi realizada por processo de laminação manual em molde aberto (Hand Lay-up). As peças foram laminadas com 3 camadas de reforço de tecido de fibra de juta biaxial e resina EPOXI. Os moldes foram, previamente, preparados com 10 camadas de cera de carnaúba e uma camada fina de álcool polivinílico (PVA) (Figura 6).



(Figura 6) –Carenagem de juta laminada em molde (elaborado pelos autores)

Em veículos anteriores as carenagens foram confeccionadas com 2 camadas de reforço de fibra de vidro, mas o resultado não se mostrou satisfatório, devido a grande flexibilidade e muito suscetíveis à torção, apontando baixa resistência à flexão. Dessa maneira, nesse trabalho, decidiu-se por confeccionar as carenagens com 3 camadas de reforço de juta, resultando em peças, significativamente, mais estruturadas e rígidas, menos flexíveis, permitindo assim, fixações mais precisas no chassi do veículo e, portanto, provendo maior rapidez de montagem e desmontagem das mesmas. Tal agilidade de fixação colabora com o desempenho da equipe na corrida na prova de campo (prática) do veículo (Figura 7).

O processo de laminação, apesar da hipótese das fibras vegetais poderem apresentar dificuldades em laminações manuais, se mostrou similar ao processo de laminação com fibras de vidro, ou seja, não mostrou melhora ou piora de confecção das peças. Outro resultado importante se refere ao manuseio das fibras, a fibra de juta não provocam irritações na pele em qualquer fase de manuseio (corte, acabamento, furação etc), portanto,

causa menos desconforto e maior índice de produtividade de peças. As fibras de vidro, por outro lado, provocam irritações, causando grande desconforto e, em escala industrial, podem causar doenças nos operadores, causando queda de produtividade. Tais resultados podem ser considerados muito positivos, pois apontam a viabilidade da fibra de juta para confecção de peças, uma vez que não prejudica a fabricação e, diminui os danos a saúde dos operadores, colaborando também para a produtividade de produtos.



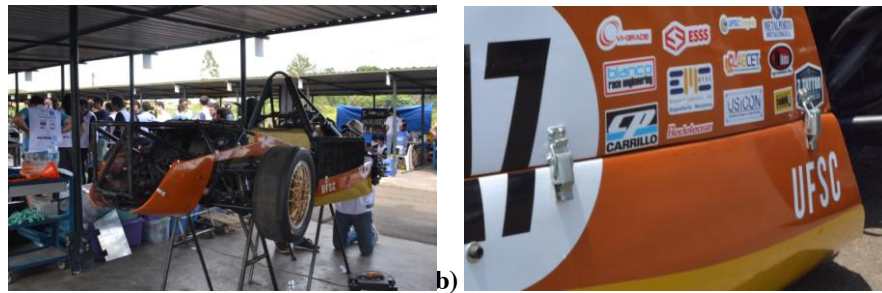
(Figura 7) – Montagem das peças de juta no chassi do veículo (elaborado pelos autores)

Referente à fixação das peças, em veículos anteriores as carenagens foram fixadas ao chassi por meio de abraçadeiras de plástico (tire up), o que dificulta a manutenção do veículo, visto que a cada necessidade de retirada da carenagem, é necessário o corte das mesmas e a devida substituição por novas (Figura 8). Ainda, a pressão feita pelo aperto das abraçadeiras danificava a pintura e as peças, prejudicando o acabamento do veículo.



(Figura 8) – Fixação de carenagem de fibra de vidro no chassi do veículo com abraçadeira de plástico (elaborado pelos autores)

Assim, nesse trabalho, foi possível melhor planejamento de fixação das peças, uma vez que as peças em fibras de juta permitiram aplicação de insertos metálicos, como em peças em fibra de vidro. As carenagens foram fixadas ao chassi (carenagem/chassi) com parafusos M6 e, a montagem de carenagem/carenagem foi realizada por meio de fechos rápidos de pressão (Figura 9a e 9b).



a) b)
(Figura 9) – (a) Chassi do veículo com carenagens fixas ao chassi; (b) Fechos rápido de pressão fixando a parte superior da lateral direita do carro na parte inferior (elaborado pelos autores)

Finalmente, na prova prática, ou seja, na competição entre veículos das equipes, o veículo deste trabalho recebeu aprovação das demais equipes e dos avaliadores (juizes), no que diz respeito ao acabamento das peças e quanto a relação peso/rigidez. Os fechos rápidos de montagem das carenagens, também apresentaram bom desempenho, mostrando a correta decisão da equipe no planejamento do projeto, apresentaram grande facilidade em remoção e montagem no veículo, sem necessidade de ferramentas.

5. Conclusão

Este trabalho apresentou os efeitos da substituição do uso de reforço de fibra de vidro por fibra de juta para aplicação em carenagens de um veículo de corrida estudo de caso, produzidas em processo Hand Lay-up. O projeto apontou a viabilidade da substituição dos reforços, mostrando que a fibra de juta apresentou boas características mecânicas para uso prático no veículo. Quanto ao foco principal do trabalho, a fibra de juta se mostrou viável de utilização na produção de peças em processo Hand Lay-up, uma vez que não apresentou melhora ou piora na laminação das carenagens. Ainda, comparada com carenagens confeccionadas em fibra de vidro em anos anteriores, o manuseio do reforço de fibra de juta não causou irritação dermatológica nos operadores, apontando assim suas vantagens de uso. Referente a produção de moldes, o trabalho apresentou a melhora na produção dos mesmos, otimizando tempo de produção final das peças. Finalmente, de maneira pontual podemos concluir:

- A opção de fabricação de peças em fibra em moldes negativos se mostrou vantajosa visto que a redução de etapas na fabricação não interferiu significativamente na qualidade das peças otimizando custos e tempo de construção;
- A fibra de juta se mostrou ter desempenho superior ao da fibra de vidro, visto que a substituição do material não alterou qualidade, e propriedades mecânicas das peças, e ainda otimiza o processo de fabricação e elimina o dano ao operador referente à irritação da pele, pois não causa tal irritação;
- O novo projeto de fixação usada no ano de 2016 superou o do ano anterior visto que não apresentou os problemas do antigo. E se mostrou uma ótima solução visto que facilitou as eventuais manutenções e se mostrou eficiente e de simples aplicação e utilização.

Visto de maneira pragmática a viabilidade da fibra de juta, o projeto segue para próximas etapas que tratarão de estudos mais detalhado do comportamento das peças de fibra de juta, seguida da análise do ciclo de vida e por fim a viabilidade de um veículo com estrutura e exterior constituídos de compósitos naturais.

Referências

CARVALHO, P. Analysis of the mechanical behavior and identification of failure type in sandwich structures with cork cores. Department Of Mechanical Engineering Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa , 2009. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137844480/extended_abstract.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2017.

FARUK, Omar. Cars from Jute and Other Bio-Fibers. Michigan State University, East Lansing, 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Omar_Faruk4/publication/267389048_Cars_from_Jute_and_Other_Bio-Fibers/links/54ff688b0cf2741b69f77a37.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2017.

FURTADO, Samuel; ARAUJO, A.L.; SILVA, Arlindo; ALVES, Cristiano; Ribeiro, A.M.R. C.r., . Natural fibre-reinforced composite parts for automotive applications. International Journal Of Automotive Composites, [s.l.], v. 1, n. 1, p.18-124, 2014. IndersciencePublishers. <http://dx.doi.org/10.1504/ijautoc.2014.064112>. Disponível em: <<http://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJAUTO.2014.064112>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

GOWDA, T. Munikenche; NAIDU, A.; CHHAYA, Rajput. Some mechanical properties of untreated jute fabric-reinforced polyester composites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, [s.l.], v. 30, n. 3, p.277-284, mar. 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s1359-835x\(98\)00157-2](http://dx.doi.org/10.1016/s1359-835x(98)00157-2). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359835X98001572>>. Acesso em: 06 jan. 2017.

HARISH, S. MICHAEL, D. Peter; BENSELY, A; LAL, D. Mohan; RAJADURAI, A. Mechanical property evaluation of natural fiber coir composite. Materials Characterization, [s.l.], v. 60, n. 1, p.44-49, jan. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matchar.2008.07.001>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1044580308001861>>. Acesso em: 06 jan. 2017.

HOLBERRY, James; HOUSTON, Dan. Natural-fiber-reinforced polymer composites in automotive applications. Jom, [s.l.], v. 58, n. 11, p.80-86, nov. 2006. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11837-006-0234-2>. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11837-006-0234-2>>. Acesso em: 06 jan. 2017

LARICA, Neville Jordan. Design de transportes: arte em função da mobilidade. Rio de Janeiro: 2ab, 2003. 213 p. (Oficina).

SHERMAN, M L.. Nanocomposites : A little goes a long way. Plastics Technology Online. Gardner, p. 52-57. out. 1999.

RENNY, J N. Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells: Theory and Analysis. 2. ed. Boca Raton: Crc Press, 2004. 828 p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=eeUr_AJiGRcC&pg=PA1&lpg=PR19&ots=Cx>

bxeddwBy&focus=viewport&dq=Reddy+Mechanics+of+Laminated+Composite+Plates
&lr;=&hl=pt-BR#v=onepage&q=doi&f=false>. Acesso em: 20 dez. 2016

ROWELL, Roger M.. POTENTIALS FOR JUTE BASED COMPOSITES. Biological Systems Engineering Dept., University Of Wisconsin, Usa, Wisconsin, 1997. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Roger_Rowell/publication/267999298_POTENTIALS_FOR_JUTE_BASED_COMPOSITES/links/5464cd040cf221c8f57b9ec5.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2017

SAPUAN, S.m.; MALEQUE, M.a..Design and fabrication of natural woven fabric reinforced epoxy composite for household telephone stand. Materials & Design, [s.l.], v. 26, n. 1, p.65-71, fev. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2004.03.015>. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306904000809>>. Acesso em: 06 jan. 2017.

SHAH, A.n.; LAKKAD, S.c..Mechanical properties of jute-reinforced plastics.Fibre Science And Technology, [s.l.], v. 15, n. 1, p.41-46, jul. 1981. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0015-0568\(81\)90030-0](http://dx.doi.org/10.1016/0015-0568(81)90030-0). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0015056881900300>>. Acesso em: 06 jan. 2017.

SILVA, Artur Silverio da. BANCO ESPORTIVO PARA FORMULA SAE: Projeto & Construção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento Acadêmico de Desenho Industrial Curso de Bacharelado em Design, Curitiba, p.10-12, 2015.

SILVA, Diogo Coelho de Carvalho Montalvão e. A MODAL-BASED CONTRIBUTION TO DAMAGE LOCATION IN LAMINATED COMPOSITE PLATES. Universidade Técnica de Lisboa Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2010. Disponível em: <http://vuh-larisprt.herts.ac.uk/portal/files/693400/TESE_PhD_Diogo_Montalvao_2544D.pdf>. Acesso em: 06 jan. 2017

SILVA, Cristiano Alves da. Design Sustentável via Materiais Naturais: análise das inferências destes na gestão do design de produtos nos hábitos de consumo de produtos com baixo impacto ambiental. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, jan. 2011

SORENSEN, IW; HW, Chang. Characterization of Jute Fiber Reinforced Composites. Proceedings Of The 13th National Sampe Technical Conferences, Mount Pocono, p.13-15, out. 1991.