

Obtenção e Avaliação do Potencial de Aplicação de Resíduos da Agricultura na Obtenção de Biocompósitos Utilizados como Embalagens Sustentáveis em Substituição ao Poliestireno

Bárbara Laís da Silva (UNOESC) barbara.laiiss@hotmail.com
Adriana Biasi Vanin (UNOESC) adriana.vanin@unoesc.edu.br
Pablo Martins Belchor (UNOESC) pablo.belchor@unoesc.edu.br

Resumo:

O desenvolvimento de biocompósitos obtidos a partir de resíduos biodegradáveis é uma alternativa sustentável diante da escassez de matérias-primas oriundas de fontes não-renováveis e na diminuição de impactos ambientais. No entanto, a viabilidade de aplicação de biocompósitos está atrelada às características físicas finais deste material. Deste modo, tem-se como objetivo da presente pesquisa, caracterizar a ductilidade de biocompósitos obtidos a partir de resíduos da agricultura (bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz e a palha de arroz) e da resina biodegradável a base de mamona pelo ensaio de Erichsen para avaliar a possibilidade de aplicação na obtenção de embalagens. Para isso, realizou-se a produção do biocompósito pelo tratamento (NaOH 10%), moagem das matérias primas e posterior moldagem em molde de dimensões de 7 cm largura x 3,5 cm altura x 22 cm de comprimento. Para fins de comparação, aplicou-se o ensaio físico às amostras de papelão e isopor com dimensões semelhantes aos biocompósitos obtidos. Os resultados demonstraram que todos os biocompósitos apresentam potenciais para substituição do isopor.

Palavras chave: Biocompósito, Resíduos agrícolas, Sustentabilidade, poliestireno.

Obtaining and Evaluating the Potential of Application of Agricultural Waste in the Obtention of Biocomposites Used as Sustainable Packaging in Substitution to Polystyrene

Abstract

The development of biocomposites obtained from biodegradable waste is a sustainable alternative due to the scarcity of raw materials from non-renewable sources and the reduction of environmental impacts. However, the feasibility of application of biocomposites is linked to the final physical characteristics of this material. Thus, the objective of this research is to characterize the ductility of biocomposites obtained from agricultural residues (sugar cane bagasse, rice husk and rice straw) and the castor-based biodegradable resin by the Erichsen test to evaluate the possibility of application in obtaining packages. For this, the production of the biocomposite was carried out by the treatment (NaOH 10%), milling of the raw materials and subsequent molding in mold of dimensions of 7 cm width x 3.5 cm height x 22 cm in length. For the purposes of comparison, the physical test was applied to samples of cardboard and styrofoam with dimensions similar to the obtained biocomposites. The results showed that all the biocomposites present polystyrene substitution potential.

Key-words: Biocomposite, Agricultural waste, Sustainability, polystyrene.

1. Introdução

Uma das maiores preocupações do mundo de hoje é com os severos impactos ambientais decorrentes de ações antrópicas, dentre elas, o acúmulo de resíduos sólidos não biodegradáveis no meio ambiente recebe lugar de destaque. Os polímeros sintéticos, que foram responsáveis por muitos avanços que temos hoje como a obtenção de materiais plásticos, e a infinidade de itens que constituem o nosso cotidiano, também são responsáveis por grandes problemas com o meio ambiente. Neste sentido, os polímeros biodegradáveis também conhecidos como biocompósitos são considerados uma alternativa na redução do impacto ambiental.

De acordo com Ray & Bousmina (2005) os polímeros biodegradáveis podem ser provenientes de fontes naturais renováveis como milho, celulose, batata, cana-de-açúcar, ou serem sintetizados por bactérias ou até mesmo serem derivados de matéria-prima de fonte animal, como a quitina, a quitosana ou proteínas. Além dos provenientes do petróleo como as policaprolactonas – PCL, as poliesteramidas, os copoliésteres alifáticos e os copoliésteres aromáticos. Os autores destacam ainda que, dentre os polímeros biodegradáveis, os que têm atraído mais atenção são os obtidos a partir de fontes renováveis, devido ao menor impacto ambiental causado com relação a sua origem, ao balanço positivo de dióxido de carbono (CO_2) após compostagem, e pela possibilidade de formação de um ciclo de vida fechado. Além do alto tempo necessário à obtenção de matéria-prima derivada do petróleo em comparação à biomassa, fatores ambientais e socioeconômicos impulsionam o crescente interesse pelos biopolímeros. Dentre eles, destacam-se os grandes impactos ambientais causados pelos processos de extração e refino utilizados para produção dos polímeros provenientes do petróleo, a escassez do petróleo e aumento do seu preço.

Segundo Sanchez et al., (2010) muitas pesquisas têm avaliado a viabilidade da utilização de fibras naturais como uma alternativa para as fibras sintéticas convencionalmente utilizadas como reforço em materiais compósitos de matriz polimérica. Este interesse se deve à necessidade de se encontrar fontes renováveis de matéria-prima, de reduzir o impacto ambiental dos materiais e reduzir custos.

No entanto, a viabilidade de aplicação de biocompósitos está atrelada às características físicas finais deste material. Neste sentido, a realização de ensaios físicos mecânicos que avaliam as características destes biocompósitos são de grande importância para atestar sua possibilidade de uso. Existe uma infinidade de testes, os mais comuns são os de tração, dureza, fadiga, impacto e resistência. A finalidade destes testes é conhecer o desempenho e a eficiência dos materiais, possíveis erros que podem apresentar (LABMETAL, 2018) e assim, avaliar as possibilidades de aplicação.

Segundo Callister (2000) o ensaio de embutimento consiste em aplicar uma força uniaxial no material, tendendo-o a alongá-lo até o momento de sua fratura. O corpo de prova é então submetido a um esforço, aplicando uma carga gradativa e registrando cada valor de força correspondente a um diferente tipo de alongamento do material. O ensaio termina quando o material se rompe.

Neste sentido, o objetivo da presente pesquisa foi produzir biocompósitos preparados a partir de resíduos da agricultura (bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz e a palha de arroz) e de resina biodegradável a base de mamona, avaliar a ductilidade, e comparar com o papelão e com o isopor pela realização do mesmo teste.

2. Materiais e métodos

Para desenvolvimento das amostras utilizou-se resina IMPERVEG AGT 1315 a base de

poliuretano vegetal (originado do óleo de mamona), bi componente, 100% sólido (isento de solventes), formulado pela mistura a frio de um pré-polímero (componente A) e um poliol (componente B) e resíduos de bagaço de cana de açúcar, palha de arroz e cascas de arroz provenientes de agricultores da região. Para fins de comparação utilizou-se isopor. Modelo: Bandeja de isopor b2 Sealed Air Cryovac, espessura: 4,5 mm com capacidade de 355 ml e papelão: Caixa de Papelão WestRock em papel kraft 4,5 mm de espessura, onda simples.

2.1 Métodos

2.1.1 Tratamento da matéria prima

Os resíduos (bagaço da cana e a palha de arroz) foram previamente tratados pela imersão em solução NaOH 10% por 24 horas a temperatura ambiente. Após esse período, os resíduos tratados foram lavados com água corrente até pH neutro, secos em estufa a 50°C/5h e moídos em moinho macro tipo Willey TE 680 - Tecnal até granulometria de 3 mesh, granulometria esta dada pela própria máquina e que facilita a mistura da matéria – prima com a resina. Esta metodologia se aplicou também a casca de arroz, com exceção da etapa de pré-tratamento (TOSCAN, 2018).

2.1.2 Preparação do compósito

O biocompósito foi obtido de acordo com a metodologia proposta por Toscan et al. (2018) onde as fibras moídas, foram misturadas manualmente com a resina na proporção A/B de 1:1,5 (p/p). Para a padronização das amostras optou-se em utilizar 10g da resina A e 15g da resina B, variando-se a quantidade de fibra em cada compósito: 6g (palha de arroz e bagaço de cana de açúcar) e 8g (casca de arroz).

Posteriormente, as misturas foram colocadas em moldes de alumínio (Figura 1) com dimensões de 7 cm largura x 3,56 cm altura x 22 cm de comprimento (tamanho utilizado para facilitar a preparação do material) a fornecer uma amostra com espessura de 4,5 milímetros. Após o preparo, as amostras foram armazenadas em estufa com temperatura entre 20 e 26°C durante 24 horas para cura.



Figura 1 – Molde para preparo das amostras

2.1.3 Ensaio de Embutimento

No ensaio de Erichsen o punção tem cabeça esférica e a carga é aplicada no anel de fixação que prende a chapa. O momento em que ocorre a ruptura pode ser acompanhado a olho nu ou pelo estalo característico de ruptura. Os ensaios de embutimento são realizados por meio de dispositivos acoplados a um equipamento que transmite força. Podem ser feitos na já conhecida máquina universal de ensaios, adaptada com os dispositivos próprios, ou numa máquina

específica para este ensaio (Figura 2).

A metodologia consiste em alojar a amostra no dispositivo para teste que contém punção com peso específico e, em seguida promover o aumento de peso com o intuito de verificar em que ponto haveria o rompimento da amostra. Os pesos utilizados para este caso representam a força necessária para rompimento, sendo o punção, primeira força (12,1 N), seguido dos demais, totalizando uma faixa de teste de 12,1N à 13,5N. Os testes foram realizados em triplicata e os resultados comparados com isopor e papelão de espessuras 4,5 mm e também 4,5mm respectivamente.



Figura 2 – Equipamento adaptado para ensaio de embutimento

3. Resultados e discussão

Neste momento serão apresentados e discutidos os resultados obtidos referentes aos ensaios realizados com os biocompósitos preparados a partir das diferentes matérias – primas testadas.

O estudo da produção de compósitos tem se mostrado como uma das alternativas mais viáveis para o uso de polímeros biodegradáveis, já que existe a possibilidade de melhorar as propriedades físicas e mecânicas de produtos obtidos com estes polímeros a partir da incorporação de um reforço em uma matriz homogênea (AZEVEDO, 2016).

Toscan et al. (2018), avaliou a quantidade de fibras e resina utilizadas na obtenção do biocompósito e obteve misturas mais homogêneas trabalhando nas quantidades utilizadas na presente pesquisa.

Em relação ao tratamento das matérias-primas com NaOH, este foi realizado tendo como base dados encontrados na literatura que relata sobre os ganhos obtidos como o tratamento alcalino de fibras vegetais. Rong et al. (2001) colocam que o tratamento altera a estrutura interna das fibras vegetais e modifica a interface entre as fibras e a matriz.

Bisanda (2000) examinou o efeito do tratamento alcalino na molhabilidade de fibras de sisal em compósitos sisal/epóxi e verificou que o tratamento melhorou as características de adesão fibra/matriz pela alteração na rugosidade superficial da fibra.

Silva apud Bledzik; Gassan (1999) afirma que de um modo geral, o tratamento alcalino causa um inchaço das fibras e remoção parcial da hemicelulose e da lignina, o que promove um maior empacotamento das cadeias de celulose, que são responsáveis pela cristalinidade das fibras. O autor destaca ainda, a influência do tratamento nas propriedades mecânicas dos biocompósitos: o aumento da resistência à tração e do modo de elasticidade e redução do alongamento.

Tita et al. (2000), estudando o efeito da concentração de NaOH nas fibras de bagaço de cana – de – açúcar para a obtenção de um compósito com matriz termofixa verificou que o tratamento das fibras com a solução 10 % de NaOH, levou a uma maior separação dos feixes de fibras (observado pela análise realizada por Microscopia Eletrônica de Varredura), o que por sua vez propiciou uma distribuição mais homogênea das fibras na matriz em relação às outras concentrações das soluções de NaOH estudadas.

Joseph et al. (1996) obtiveram acréscimo de 10% nas propriedades mecânicas do compósito sisal/ LDPE, tratando as fibras de sisal com NaOH 10%.

Segundo Pinheiro et al. (2017) durante o processo de tratamento com NaOH a superfície de sorção da casca de arroz sofre mudanças estruturais, como a hidrólise de grupos carboxilato e acetato e a perda de alguns óxidos (geralmente presentes na camada externa da epiderme da estrutura das cascas de arroz).

O poliuretano derivado do óleo da mamona é um polímero biodegradável, testes feitos comprovaram a boa biodegradação desse material na presença de microorganismos oriundos de agentes biológicos degradantes de gorduras, por ser um material preparado a partir de óleo vegetal, seu processo de biodegradação se assemelha à degradação de dessas (CANGEMI, 2006).

Além das propriedades fantásticas como toxicidade zero, biodegradabilidade, não liberação de gases, o poliuretano a base de mamona possui propriedades detergente, fungicida e bactericida, que tornam a sua aplicação bastante ampla como por exemplo, na fabricação de próteses (MASTRANTONIO & RAMALHO, 2003).

A resina poliuretana de óleo de mamona também pode ser utilizada em embalagem para alimentos, pela aprovação da Food and Drug Administration (FDA), agência do governo norte americano responsável pela liberação de novos alimentos e medicamentos. E pelo reconhecimento, no Brasil, pelo Ministério da Saúde desde 1999.

O desenvolvimento de resinas de poliuretano a base de mamona e a sua aplicação no desenvolvimento de embalagens biodegradáveis atende os anseios do homem moderno que, tem sua atenção voltada para as questões ambientais com preocupação na preservação do meio ambiente.

A formação do pré-polímero ocorre da reação entre o isocianato em excesso e o polioli (Figura 3) em quantidades relativamente baixas, resultando em um material líquido e viscoso, de baixa massa molar. Dessa forma os grupos amida continuam com radicais livres para eventuais ligações. (Martins e Marques, 2002).

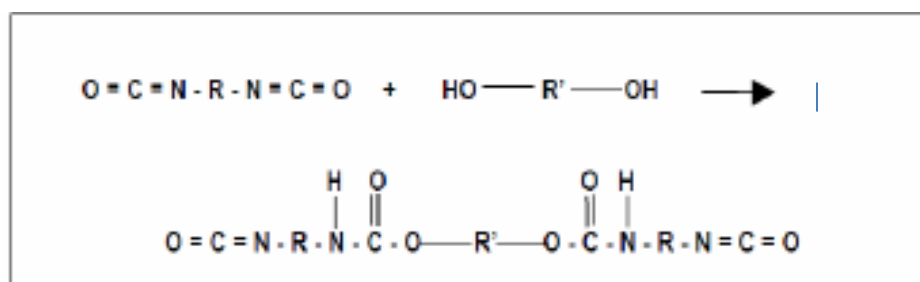
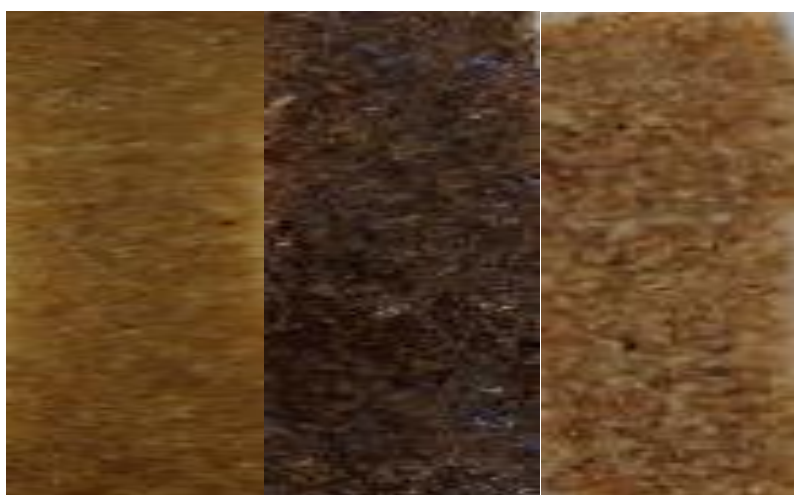


Figura 3 – Reação de polimerização

A estrutura química, funcionalidade e massa molar dos polióis, causam influência nas propriedades dos poliuretanos obtidos, como por exemplo: os poliuretanos derivados de poli (óxido de etileno) glicol e poli (óxido de propileno) glicol, são de maneira geral, mais flexíveis e macios; já os obtidos através de poli (adipato de etileno) com hidroxila terminal, são geralmente mais rígidos e possuem menor resistência à luz solar. (Martins e Marques, 2002).

As figuras 4 (a, b, c) apresentam os biocompósitos obtidos, respectivamente, pela mistura de resina biodegradável a base de mamona e casca de arroz, palha de arroz e bagaço de cana-de-açúcar.



Figuras - 4 (a) casaca de arroz; 4 (b) palha de arroz; 4 (a) bagaço de cana;

Após a preparação do biocompósito realizou-se os testes de embutimento. A figura 5 ilustra os resultados do ensaio de embutimento para os biocompósitos à base de casca de arroz, bagaço de cana de açúcar, palha de arroz e da resina pura, em comparação com o isopor e com o papelão.

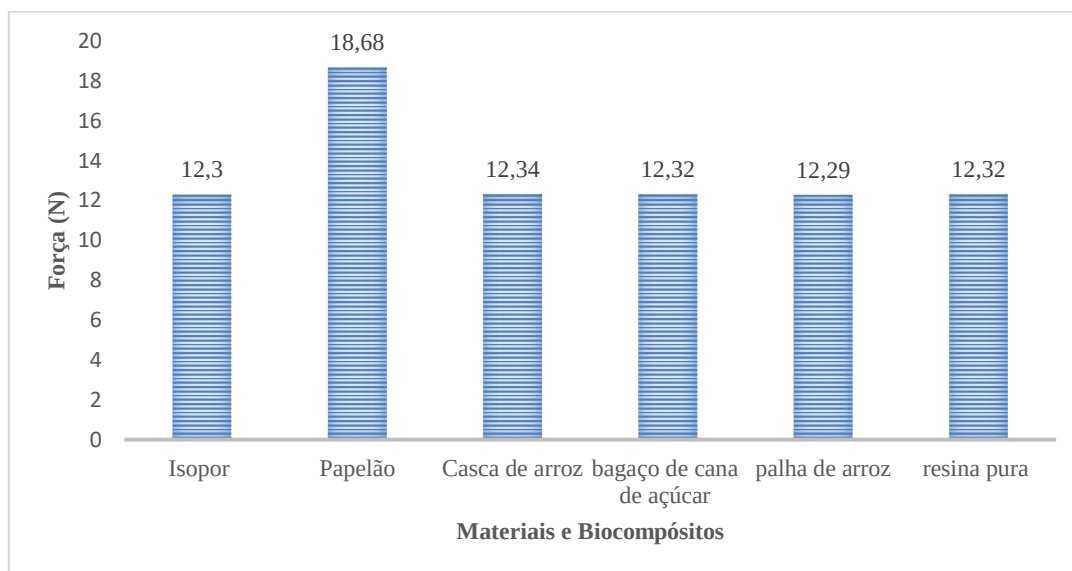


Figura 5- Gráfico dos resultados do ensaio de embutimento para os diferentes biocompósitos

Os ensaios foram realizados em triplicata e os dados tratados estatisticamente pela análise de variância. Os resultados apontam não existir diferença significativa ($p>0,05$) entre as médias dos biocompósitos e o isopor. E diferença significativa ($p>0,05$) entre as médias dos biocompósitos e o papelão.

A comparação entre os biocompósitos foi realizada pelo teste Tukey. Os resultados demonstraram haver diferença em relação aos biocompósitos e ao papelão. E não haver diferença entre os biocompósitos e o isopor.

O papelão, constituído basicamente por celulose apresentou os melhores resultados. A celulose é o componente principal de todas as fibras vegetais e principal responsável por sua resistência mecânica. É constituída de unidades de anidro-D-glicose ($C_6H_{10}O_5$) que unidas formam uma cadeia molecular (FENGEL, WEGENER, 1984).

Ductibilidade, que é a propriedade física dos materiais de suportar a deformação plástica (propriedade do corpo sofrer deformações permanentes), sob a ação de cargas sem se romper ou quebrar.

Quando comparados com o isopor, a análise dos resultados permite concluir, que, em relação a ductibilidade, todos os biocompósitos obtidos podem ser utilizados, com exceção à resina pura porque forneceu amostras com características indesejáveis, impossibilitando a preparação de uma embalagem somente com resina, por isso a necessidades de adição de matéria – prima.

O isopor, denominado poliestireno é um plástico à base de petróleo feita a partir do monômero de estireno que apresenta inúmeras características interessantes, as quais viabilizam sua aplicação em várias áreas, como na obtenção de embalagens e na construção civil (BURGOS, 2006; AGUIAR, et al., 2008). No entanto, além dos problemas relacionados aos impactos ambientais (SILVA et al., 2003)^a, tanto o isopor como o estireno, bloco básico na construção do poliestireno é apontado em vários estudos como causador de problemas de saúde SILVA (2011).

O papelão apresentou resultados satisfatórios nos testes, resultados estes, relacionados a grande quantidade de celulose que compõe o papelão. Tita et al. (2000) consideram que a fração de celulose é muito importante na definição da propriedade mecânica da fibra. Mas, devido a grande absorção de água, o qual altera a sua estrutura, não é considerado material apropriado para substituir o isopor, pois, ainda segundo os autores, possíveis degradações das cadeias de celulose levam a uma pior atuação como agente de reforço.

Silva (2003)^b explica que cada fibra vegetal, é constituída de várias fibras elementares fortemente ligadas entre si por um material de cementação, constituído principalmente de lignina. Esta possui uma parede espessa formada por várias microfibrilas que formam espirais ao longo do eixo da fibra, tendo um lumen no centro. Cada fibra elementar é, em essência, um compósito no qual as rígidas microfibrilas de celulose estão envolvidas por uma matriz de lignina e celulose. A lignina atua como material de cementação, unindo as microfibrilas e a hemicelulose como interface entre a microfibrila de celulose e a lignina.

A casca de arroz é um resíduo agrícola lignocelulósico disponível em abundância em países produtores de arroz como o Brasil. A casca de arroz é um material lignocelulósico, com baixo conteúdo de proteínas e pouca digestibilidade, composto por aproximadamente 50% de celulose, 25-30% de lignina e 15-20% de sílica (BAKAR et al., 2010). Portanto, o uso de casca de arroz como fonte para produção de fibras de celulose é promissor, podendo ser aplicada em embalagens biodegradáveis (MÜLLER et al., 2009).

Quando comparadas às fibras sintéticas, as fibras vegetais apresentam uma série de vantagens: fonte abundante e de rápida renovação, baixo custo, baixa densidade, altas propriedades específicas, são menos abrasivas em comparação às fibras de vidro, não tóxicas e biodegradáveis e poucas desvantagens que variam de acordo com a origem, como a falta de uniformidade e propriedades a alta absorção de umidade (BLEDZKI & GASSA, 1999).

Os resultados dessa pesquisa, forneceram subsídios para a utilização do bagaço de cana de açúcar, da casca e da palha de arroz na produção de embalagens biodegradáveis aproveitando resíduos da agricultura disponíveis em grandes quantidades no Brasil, contribuindo para o desenvolvimento da indústria brasileira de uma maneira sustentável e para a diminuição dos impactos ambientais ocasionados pelo acúmulo de isopor no meio ambiente.

4. Conclusão

Os testes de embutimento demonstraram que todos os biocompósitos apresentam potenciais para substituição do isopor.

A resina pura, sem a adição de fibras vegetais não fornece amostras com características desejáveis uma vez que as fibras contribuem com a estrutura do biocompósito.

A utilização de resíduos biodegradáveis provenientes da agricultura mostra-se como uma ótima alternativa para o desenvolvimento de novos produtos.

5. Bibliografia

- AGUIAR, E.C.C.; SILVÉRIO, C. D. V.; PEREIRA, L.A. & KANNING, R.C.** *A tecnologia do concreto aliada ao meio ambiente*. CEFET-PR – Disponível em: <http://www.cefetpr.br/deptos/dacoc/isopet/> Acesso em: agosto de 2018.
- AZEVEDO, J. B.; CARVALHO, L. H de; FONSECA, V. M.** *Avaliação da Biodegradação em Compósitos com Fibras naturais através de perda de massa e produção de CO₂*. Revista Virtual Química. 2016.
- BAKAR, B. H. A.; PUTRAJAYAC, R.; ABDULAZIZ, H.** *Malaysian Rice Husk Ash – Improving the Durability and Corrosion Resistance of Concrete: Pre-review*. Concrete Research Letters, v. 1, p. 6-13, 2010.
- BLEDZKI, A. K.; GASSAN, J.** *Composites reinforced with cellulose based fibres*. Progress in polymer science, Oxford, v.24, n.2, p.221-274. 1999.
- BISANDA, E.** *The effect of álcali treatment on the adhesion characteristics of sisal fibres*. Applied Composite Materials, Hingham, 2000. cap 7, pag 331-339.
- BURGOS, R.** *Construção civil adere ao uso do isopor*. Portal do arquiteto, 2006
- CALLISTER, W. D.** *Ciência e Engenharia de Materiais Uma Introdução*. São Paulo. Apostila Telecurso 2000 Mecânica.
- CANGEMI, J. M.** *Biodegradação de Poliuretano Derivado de Óleo de Mamona*. São Carlos. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, 2006.
- FENGEL, D; WEGENER, G.** *Wood: chemistry ultrastructure reactions*. Journal of polymer Science (1989).
- JOSEPH, K.** *Effect of chemical treatment on the tensile properties of short sisal fibre – reinforced polyethylene composites*. Polymer, Oxford, 1996. cap 37, pag 5139 – 5149.
- LABMETAL**. Disponível em <http://www.labmetalvale.com.br/>. Acesso em julho de 2018.
- MARQUES, B. R;** Martins Lucas José Rossinoli. *Poliuretano derivado de óleo de mamona: de meio ambiente a Biocopatibilidade*. Trabalho de conclusão de curso, 2009.
- MASTRANTONIO, S. C. de; RAMALHO, L. TOLEDO, O. de.** *Resposta de Tecido Conjuntivo de Camundongos ao Poliuretano Vegetal de Óleo de Mamona*. Revista de Odontologia da UNESP, São Paulo, v. 32, n. 1, 31-37, 2003.

MÜLLER C.M.O.; LAURINDO J.B.; YAMASHITA F. *Effect of cellulose fibers addition on the mechanical properties and water vapor barrier of starch-based films.* Food Hydrocolloids, v. 23, p. 1328–1333, 2009.

PINHEIRO, A. C.; GAIDZINSKI, R.; SOUZA, V. P. de. *Utilização da casca de arroz como sorvente alternativo para o tratamento de efluentes da região carbonífera sul catarinense.* XV Jornada de Iniciação Científica, 2017.

RAY, S. S.; BOUSMINA, M. *Biodegradable polymers and their layered silicate nanocomposites: In greening the 21st century materials world.* Progress in Materials Science. v. 50, n. 8, 2005.

RONG, M. Z. *The effect of fiber treatment on the mechanical properties of unidirectional sisal – reinforced epoxy composites.* Composites Science and Technology, Oxford, 2001, cap 61, p. 1437 – 1447.

SANCHEZ, E.; CAVANI, C.; LEAL, C.; e SANCHEZ, C. *Compósito de resina de poliéster insaturado com bagaço de cana-de-açúcar: influência do tratamento das fibras nas propriedades.* Polímeros. Outubro 01, 2010.

SILVA, E. S. *Trabalho e desgaste mental: o direito de ser dono de si mesmo.* São Paulo: Cortez, 2011.

SILVA, J.; HEUSER, V.; ANDRADE, V. *Biomonitoramento ambiental.* Genética Toxicológica. Alcance, Porto Alegre, p. 167-178, 2003. (a)

SILVA, R. V. *Compósito de resina poliuretano derivado de óleo de mamona e fibras vegetais.* Tese de doutorado, 2003. (b)

TITA, S.P. S. ;PAIVA, J. M. F. de; FROLLINI, E. *Resistência ao Impacto e Outras Propriedades de Compósitos Lignocelulósicos: Matrizes Termofixas Fenólicas Reforçadas com Fibras de Bagaço de Cana-de-açúcar.* Artigo técnico. Dezembro ,2002.

TOSCAN, E.; VANIN, A.B.; FRINHANI, E. M. D. de.; MARQUEZI, S. L. *Potencial de utilização de resíduos da agricultura para a produção de embalagens biodegradáveis.* Joaçaba. Editora Unoesc, 2018.