

# Evolução na Ciência e Engenharia de Materiais

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)



**Atena**  
Editora

Ano 2020

# Evolução na Ciência e Engenharia de Materiais

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)



**Atena**  
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Karine de Lima

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Prof<sup>a</sup> Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E93	<p>Evolução na ciência e engenharia de materiais [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia            ISBN 978-85-7247-921-9            DOI 10.22533/at.ed.219201601</p> <p>1. Engenharia de materiais – Pesquisa – Brasil. I. Holzmann, Henrique Ajuz.</p> <p style="text-align: right;">CDD 620.11</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais, se tornou um dos grandes pilares da revolução técnica industrial, devido a necessidade de desenvolvimento de novos materiais, que apresentem melhores características e propriedades físico-químicas. Grandes empresas e centros de pesquisa investem maciçamente em setores de P&D a fim de tornarem seus produtos e suas tecnologias mais competitivas.

Destaca-se que a área de material compreende três grandes grupos, a dos metais, das cerâmicas e dos polímeros, sendo que cada um deles tem sua importância na geração de tecnologia e no desenvolvimento dos produtos. Aliar os conhecimentos pré-existentes com novas tecnologias é um dos grandes desafios da nova engenharia.

Neste livro são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas de materiais, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. Apresenta capítulos relacionados ao desenvolvimento de novos materiais, com aplicações nos mais diversos ramos da ciência, bem como assuntos relacionados a melhoria em processos e produtos já existentes, buscando uma melhoria e a redução dos custos.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO DE FIBRAS VEGETAIS NA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO E MORFOLOGIA DA FRATURA DE COMPÓSITOS COM FIBRAS CONTÍNUAS E ALINHADAS	
Fábio Santos de Sousa Edwillson Gonçalves de Oliveira Filho Luciano Monteiro Almeida Roberto Tetsuo Fujiyama	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
COMPÓSITOS POLIMÉRICOS HÍBRIDOS COM FIBRAS NATURAIS E SINTÉTICAS CONTÍNUAS E ALINHADAS	
Luciano Monteiro Almeida César Tadeu Nasser Medeiros Branco Douglas Santos Silva Edwillson Gonçalves de Oliveira Filho Roberto Tetsuo Fujiyama	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
CARACTERIZAÇÃO DE NANOFILTRO REDUTOR DE SULFETO DE HIDROGÊNIO E UMIDADE DO BIOGÁS	
Mateus Sousa Pinheiro Gabrielle Dias Coelho Maria del Pilar Hidalgo Falla	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
DESCRIÇÃO TERMODINÂMICA DE MICRODOMÍNIOS DENTRO DE PICHE MESOFÁSICO PRECURSOR PARA FIBRAS DE CARBONO	
Caio Cesar Ferreira Florindo Adalberto Bono Maurizio Sacchi Bassi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
NANOBIOSENSOR ELETROQUÍMICO BASEADO EM APTAMERO PARA DETECÇÃO DE OCRATOXINA A EM CAFÉ TORRADO	
Maurília Palmeira da Costa Itala Gabriela Tavares Lima Idjane Silva de Oliveira Cesar Augusto Souza de Andrade Maria Danielly Lima de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016015</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>63</b>
DETECÇÃO ESPECÍFICA DE SCHISTOSOMA MANSONI EM LCR USANDO UM BIOSSENSOR ELETROQUÍMICO DE DNA BASEADO EM NANOPARTICULAS DE OURO E MERCAPTOSILANO	
Giselle Soares dos Santos	
César Augusto Sousa de Andrade	
Fábio Lopes de Melo	
Maria Danielly Lima de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016016</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>73</b>
PRODUÇÃO DE NANOMATERIAIS BIOMIMÉTICOS A PARTIR DE UM NOVO SISTEMA DE <i>ELECTROSPINNING</i> PARA ENGENHARIA DE TECIDOS DOS MENISCOS DO JOELHO	
Thiago Domingues Stocco	
Anderson de Oliveira Lobo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016017</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>87</b>
PLATAFORMA NANOSTRUTURADA BASEADA EM APTÂMERO PARA DETECÇÃO DE OCRATOXINA A	
Maurília Palmeira da Costa	
Ítala Gabriela Tavares Lima	
Idjane Silva de Oliveira	
Cesar Augusto Souza de Andrade	
Maria Danielly Lima de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016018</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>96</b>
CARACTERIZAÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS PLA/ZNO POR REOLOGIA E NMR NO DOMÍNIO DO TEMPO	
Amanda Ramos Aragão Melo	
José Carlos Dutra Filho	
Maria Inês Bruno Tavares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.2192016019</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>108</b>
INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DE CÁLCIO E BÁRIO EM COMPOSIÇÕES DE PEROVSKITAS $TR_{(1-x)}M_xO_3$ (TR= PR, GD), (M = CA, BA) (X= 0,2) NA ATIVIDADE CATALÍTICA	
Cássia Carla de Carvalho	
Anderson Costa Marques	
Symone Leandro de Castro	
Davidson Nunes de Oliveira	
Filipe Martel de Magalhães Borges	
Alexandre de Sousa Campos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21920160110</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>119</b>
CERÂMICAS AVANÇADAS: PRODUÇÃO DE NANOESTRUTURAS DE ÓXIDOS TERRA RARA-NÍQUEL	
Bruna Niccoli Ramirez	
Márcia Tsuyama Escote	
<b>DOI 10.22533/at.ed.21920160111</b>	



**CAPÍTULO 12 ..... 133**

INSERÇÃO DE ESCÂNDIO E FÓSFORO NO SEMICONDUTOR DE DIÓXIDO DE TITÂNIO PARA APLICAÇÃO EM FOTOCATÁLISE

Eduardo Felipe De Carli  
Eliane Kujat Fischer  
Natali Amarante da Cruz  
Alberto Adriano Cavalheiro

**DOI 10.22533/at.ed.21920160112**

**CAPÍTULO 13 ..... 146**

INDUTORES DE RÁDIO FREQUÊNCIA EXTERNOS COM ALTOS FATORES DE QUALIDADE USANDO OURO, SU8 E ALUMINA

Lucas Martins Miranda de Almeida  
Alexandre da Silva Nascimento  
Richard Alexandrino de Macedo  
Angélica dos Anjos Ayala

**DOI 10.22533/at.ed.21920160113**

**CAPÍTULO 14 ..... 153**

INCLUSÃO DE NANOPARTÍCULAS DE  $3Y-ZrO_2$  EM MATRIZ DE  $\alpha-AL_2O_3$  PARA CONFEÇÃO DE INSERTO CERÂMICO

Miguel Adriano Inácio  
José Victor Candido de Souza  
Maria do Carmo de Andrade Nono  
Sergio Luiz Mineiro  
Daniel Alessander Nono

**DOI 10.22533/at.ed.21920160114**

**CAPÍTULO 15 ..... 160**

OPTICAL AND ELECTROCHEMICAL PROPERTIES IN CDSE/CDTE AND CDSE/CDTE NANOCRYSTALS PREPARED BY AQUEOUS SYNTHESIS

Raul Fernando Cuevas Rojas  
Miguel Angel González Balanta  
Silvio José Prado  
Pablo Henrique Menezes  
Lauro Antonio Pradela Filho  
Victor Ciro Solano Reynoso

**DOI 10.22533/at.ed.21920160115**

**CAPÍTULO 16 ..... 170**

PRODUCTION OF ALKALINE PHOSPHATASE BY DENTAL PULP STEM CELLS IN INTERFACE WITH PLASMA MODIFIED TITANIUM

Keylla Dayanne Coelho Marinho de Melo  
Laís Albuquerque Vasconcelos  
Clodomiro Alves Junior  
Jussier Oliveira Vitoriano  
Hugo Alexandre de Oliveira Rocha  
Moacir Fernandes de Queiroz Neto  
José Sandro Pereira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.21920160116**

**CAPÍTULO 17 ..... 187**

SÍNTESE HIDROTÉRMICA ASSISTIDA POR MICRO-ONDAS DE ALUMINA TRI-HIDRATADA

Ricardo Ritter de Souza Barnasky  
Cristiane Wienke Raubach Ratmann  
Marciel Gaier  
Mário Lúcio Moreira  
Sergio da Silva Cava

**DOI 10.22533/at.ed.21920160117**

**CAPÍTULO 18 ..... 201**

MODIFICAÇÃO QUÍMICA DA LIGA DE ALUMÍNIO 5052 PARA OBTENÇÃO DE SUPERFÍCIES SUPER-HIDROFÓBICAS

Rafael Gleymir Casanova da Silva  
Maria Isabel Collasius Malta  
Severino Leopoldino Urtiga Filho  
Sara Horácio de Oliveira  
Magda Rosângela Santos Vieira

**DOI 10.22533/at.ed.21920160118**

**CAPÍTULO 19 ..... 207**

INFLUENCE OF THE ALUMINA ADDITION IN THE WEAR RESISTANCE OF THE SINTERED AISI 52100 STEEL

Bruna Horta Bastos Kuffner  
Gilbert Silva  
Carlos Alberto Rodrigues  
Geovani Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.21920160119**

**CAPÍTULO 20 ..... 212**

IMPROVEMENT OF TITANIUM SURFACE WITH PLASMA NITRIDING TREATMENT

Laís Albuquerque Vasconcelos  
Keylla Dayanne Coelho Marinho de Melo  
Clodomiro Alves Junior  
Jussier Oliveira Vitoriano  
Hugo Alexandre de Oliveira Rocha  
Moacir Fernandes de Queiroz Neto  
José Sandro Pereira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.21920160120**

**CAPÍTULO 21 ..... 226**

AValiação de termofosfatos de alumínio com a adição de escória siderúrgica

Maria Sílvia Camarão de Sousa  
Oscar Jesus Choque Fernandez  
Edilson Carvalho Brasil  
Marcondes Lima da Costa  
Érika Raiol Pinheiro  
Marlo Oliveira Costa

**DOI 10.22533/at.ed.21920160121**

**CAPÍTULO 22 ..... 236**

CARACTERIZAÇÃO DA LAMA DE ALTO-FORNO DE UMA SIDERÚRGICA INTEGRADA DO SUDESTE DO PARÁ

Wellington Bruno Silva de Jesus  
Alacid do Socorro Siqueira Neves  
Emanuel Negrão Macêdo  
José Antônio da Silva Souza  
Luiz Felipe Silva Pereira  
Roseane de Lima Silva  
Verônica Scarpini Cândido  
Antonio Lourenço da Costa Neto  
Raimunda Figueiredo da Silva Maia  
Daniel José Lima de Sousa

**DOI 10.22533/at.ed.21920160122**

**CAPÍTULO 23 ..... 242**

MÉTODO EQUACIONADO PARA PREVISÃO DO TEMPO DE REMOAGEM DE MINÉRIO DE FERRO

Simone Silva Neves  
Filipe Mattos Gonçalves  
Júnia Soares Alexandrino  
Telma Ellen Drumond Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.21920160123**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 254**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 255**

## COMPÓSITOS POLIMÉRICOS HÍBRIDOS COM FIBRAS NATURAIS E SINTÉTICAS CONTÍNUAS E ALINHADAS

Data de aceite: 08/01/2020

### Luciano Monteiro Almeida

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Belém – Pará

### César Tadeu Nasser Medeiros Branco

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Belém – Pará

### Douglas Santos Silva

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Belém – Pará

### Edwillson Gonçalves de Oliveira Filho

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Belém – Pará

### Roberto Tetsuo Fujiyama

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Belém – Pará

**RESUMO:** As pesquisas e aplicações de materiais tem se tornado amplamente diversificadas em inúmeros setores, principalmente aqueles que demandam interesses tecnológicos e ambientais. A alternativa de mistura de reforços híbridos em

compósitos é muito vantajosa, pois permite projetar e modelar laminados específicos com desempenho mecânico de acordo com as necessidades do produto final. Esta pesquisa tem como principais objetivos avaliar o método de fabricação de compósitos laminados contínuos e alinhados, avaliar os teores de fibras de juta e vidro dentro da matriz de poliéster e correlacioná-los com os resultados de ensaios mecânicos de tração. A metodologia consistirá na fabricação de três compósitos laminados com a configuração de camadas de vidro/vidro/vidro, juta/juta/juta e híbridos de juta/vidro/juta em resina poliéster insaturada. Os compósitos fabricados foram avaliados através da verificação das propriedades mecânicas de resistência à tração e módulo de elasticidade e mostrou que o laminado de vidro/vidro/vidro teve melhor resultado, seguido de juta/vidro/juta e juta/juta/juta. As morfologias e principais mecanismos de falhas dos compósitos foram analisados por fractografia e mostraram que para o laminado de juta/juta/juta o processo predominante foi o arrancamento; juta/vidro/juta, delaminação e rompimento da fibra e vidro/vidro/vidro, pulverização da matriz.

**PALAVRAS-CHAVE:** Laminados, Híbrido, Compósito, Fibra de vidro, Fibra de Juta.

HYBRID POLYMERIC COMPOSITIONS WITH CONTINUOUS AND ALIGNED NATURAL AND

**ABSTRACT:** The researches and application of materials has become widely diversified in numerous sectors, mainly those that demand technological and environmental interests. The combination alternative of hybrid reinforcements in composites is very advantageous, because It lets you design and to model specify laminates with mechanical performance according to the needs of the final product. This research has as main objectives to evaluate the method of manufacturing the continuous and aligned laminates composite, to measure the fiber contents of jute and glass reinforced polyester matrix and correlate them with the results of tensile test. The methodology consisted of three laminated plates with a glass/glass/glass, jute/jute/jute and jute/glass/jute layer configuration in unsaturated polyester resin. The manufacture composites were evaluated by checking the mechanical properties of tensile strength and Young´s modulus and showed that the glass/glass/glass laminate had the best result, followed by jute/glass/jute and jute/jute/jute. The morphologies and main failure mechanisms of the composites were analyzed by fractography and demonstrated that for the jute/jute/jute laminate the predominant process was the pull-out, jute/glass/jute, delamination and breaking of the fiber and glass/glass/glass, matrix spraying.

**KEYWORDS:** Lamintates, Hybrid, Composite, Fiberglass, Jute fiber.

### 1 | INTRODUÇÃO

As pesquisas e aplicações de materiais tem se tornado amplamente diversificadas em inúmeros setores, principalmente aqueles que demandam interesses tecnológicos e ambientais. Neste sentido os estudos sobre novos materiais que atendam o avanço tecnológico se fazem necessário. A possibilidade destes novos materiais induzem pesquisadores a buscarem na conjugação ou união de um ou mais elementos características desejadas não obtidas com a utilização de um só elemento constituinte do material (Leão, 2008).

Atualmente, os compósitos reforçados com fibras naturais começaram a ganhar simpatia e atenção em aplicações de engenharia. Propriedades físicas como baixa densidade e custo atrativo e rentável, além do fato destas advirem de fontes renováveis e serem biodegradáveis, são os aspectos mais importantes na escolha destes materiais como reforço em uma matriz (Joshi et al, 2004).

Deste modo, inúmeras matérias-primas de origem vegetal vêm sendo utilizadas na indústria em substituição às fibras de vidro, às poliméricas, de amianto entre outras. As principais utilizações de fibras naturais em compósitos é a produção de componentes sem função estrutural, tal como peças do interior ou do acabamento de automóveis (Pou et al, 2001). Este artigo se propõe apresentar os resultados dos ensaios de tração dos laminados fabricados com as seguintes configurações: juta/juta/juta, juta/vidro/juta e vidro/vidro/vidro e relacioná-los com a metodologia de fabricação aos principais mecanismos de fraturas.

## 2 | RESINA POLIÉSTER, FIBRA DE JUTA, FIBRA DE VIDRO E COMPÓSITOS LAMINADOS HÍBRIDOS.

A resina poliéster é uma classe de material obtida através da reação de condensação entre um poliálcool e um ácido policarboxílico. Possui características versáteis, sendo encontrada comercialmente na forma de fibras, plásticos, filmes e resinas. Conforme a ausência e presença de duplas ligações entre os átomos de carbono, as resinas podem ser classificadas em insaturadas e saturadas. O poliéster saturado dá origem à polímeros de natureza termoplástica enquanto que o insaturado sofre reações de cura originando resina termofixa ou termorrígida (Barros, 2006).

A juta é uma fibra têxtil vegetal que foi introduzida no Brasil pelos japoneses e tornou-se uma das principais atividades econômicas das populações ribeirinhas da região amazônica, sendo um fator fundamental da fixação de mais de 15 mil famílias no campo.

Esta fibra detém, em comparação as outras fibras naturais, o potencial de aplicação melhor, a juta (*Corchorus capsularis*), cultivada em climas úmidos e tropicais na região norte do país, produz uma fibra de alta resistência, que quando misturada a polímeros, pode dar origem a produtos com menor densidade, podendo apresentar elevada aplicabilidade (Neto et al., 2007). A Tabela (1) descreve as propriedades mecânicas da fibra de juta adaptada de (Bledzi; Gassan, 1999).

Propriedades	JUTA
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,3
Alongamento %	1,5-1,8
Resistência à Tração (MPa)	393-773
Módulo de Elasticidade (Gpa)	26,5

Tabela 1. Propriedades da fibra de juta.

A fibra de vidro é o mais aplicado em matrizes poliméricas, por causa de inúmeros fatores como, principalmente ao seu baixo custo, alta resistência à tração, e elevada inércia química. Em contrapartida, estas mesmas fibras possuem baixo módulo de elasticidade, auto-abrasividade e baixa resistência à fadiga (Levy-Neto; Pardini, 2006). Além do mais, possuem excelente adesão com a matriz, boas propriedades dielétricas, elevado alongamento na ruptura, alta resistência à tração (comparada com fibras têxteis), resistência ao calor e ao fogo, resistência à umidade e coeficiente de dilatação linear térmico muito baixo (Bledzki; Reihmane; Gassan, 1996).

A constituição da fibra de vidro pode variar expressivamente de acordo com suas propriedades como observado na Tab. (2). As fibras do tipo S têm dificuldade característica de serem estiradas devida a pequena faixa de temperatura para a

formação do filamento e, conseqüentemente, mais energia refletindo em maior custo de fabricação (Levy-Neto; Pardini, 2006).

Propriedades	VIDRO E	VIDRO S	VIDRO AR
Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,54	2,55	2,70
Módulo de Elasticidade (GPa)	70	86	75
Resistência à Tração (GPa)	2,40	2,80	1,70
Módulo Específico (Mm)	27	34	34
Preço (US\$)/kg	1,65-2,20	13,0-17,5	-
Preço(US\$)/kg tecido	10-20	20-40	-

Tabela 2. Propriedades dos tipos de fibras de vidro utilizadas em materiais compósitos.

O método de hibridização de fibras naturais com fibra de vidro é um artifício para incrementar as propriedades mecânicas dos compósitos laminados com reforços de fibras vegetais, sendo que o grau de resistência depende do design e da construção do material compósito (John; Thomas, 2008).

Os compósitos híbridos com maior teor volumétrico de fibras de vidro apresentaram maior resistência à tração, que foi atribuído ao fato de que o modo de falha das amostras foi precedido pela falha da fibra de vidro, que apresentava um menor alongamento na ruptura (John; Naidu, 2004).

O comportamento mecânico de resistência ao impacto do laminado híbrido banana/vidro foi descrito que os seus maiores valores ficaram atrelados ao aumento de quantidades de mantas e quando as mantas estão intercaladas por causa da espessura de cada manta. Explica-se pelo fato que, entre as lâminas, há um acúmulo de resina poliéster, e a trinca no compósito altera de direção quando encontra a barreira mecânica do reforço e propaga-se através da matriz em modo paralelo às fibras (Joseph *et al.*, 2008).

Nesta perspectiva, os compósitos de matriz poliéster reforçados com a configuração híbrida palha/algodão tiveram suas propriedades analisadas e comparadas com as de fibras de vidro e chegou-se à conclusão que apesar dos compósitos reforçados com fibras vegetais apresentarem resultados inferiores em tração, os mesmos podem possuir elevada importância em decorrência do fator de custos da matéria-prima, e em aplicações que necessitem de alta resistência ao impacto e desempenho modesto em demais solicitações mecânicas (Mwaikambo; Bisanda, 1999).

### 3 | METODOLOGIA

Nesta seção serão discutidas as etapas de montagem e preparação das lâminas de vidro e juta, passando pelo processo de fabricação e configuração dos laminados, corte e confecção dos corpos de prova até os ensaios mecânicos de tração e análise das superfícies de fratura.

As fibras de juta foram adquiridas no comércio de Belém em forma de tecidos, assim como as de vidro. Os tecidos de jutas e vidro foram desfiados. Os fios, por sua vez, passaram por um processo de seleção e separação visual, cortados manualmente (com tesoura) seguindo os comprimentos de 280 mm.

Os fios de juta e vidro foram selecionados e colocados no tear manual. O processo de tecelagem manual se deu com o alinhamento unidirecional de fibras de juta com ancoragem na direção transversal de fibras de sisal. O mesmo processo de fabricação para a lâmina de juta foi desenvolvido igualmente para as lâminas de vidro com ancoragem perpendicular das fibras de sisal.

Deste modo, foram desenvolvidas para cada lâmina configurações de fibras unidirecionais e contínuas de juta no sentido do urdume, ou seja, sentido da largura do tecido; e fibras de sisal com menores quantidades no sentido da trama, ou seja, do comprimento. Para o sistema com as fibras de vidro, foi seguido a mesmo processo de montagem das lâminas, só substituindo as fibras juta pelo as de vidro. A Fig. (1) tem-se ilustrado a preparação no tear manual das lâminas de fibras de juta e de vidro contínuas e alinhadas paralelas  $0^\circ$  à direção de aplicação da carga.

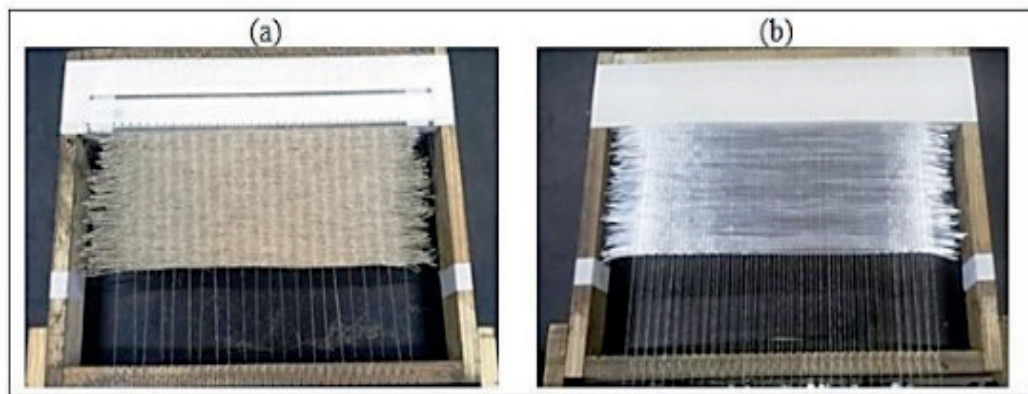


Figura 1. Preparação das lâminas de (a) juta e de (b) vidro.

Após a preparação das lâminas utilizou-se o forno em uma temperatura de  $75^\circ\text{C}$  para remover o teor de umidade dos tecidos unidirecional de juta durante o tempo de 7 minutos.

A fabricação dos compósitos laminados seguiu o método *Hand lay up*. Este método, bastante utilizado em laboratórios pela simplicidade onde os compósitos foram formados a partir de camadas alternadas de resina e tecido de juta ou vidro analogicamente a um “sanduíche”.

A Figura (2) tem-se, inicialmente, na confecção dos laminados foram utilizadas duas peças de madeiras com dimensões de 295 x 135 mm por 62 mm de espessura, revestidas com películas de filme de poliéster transparentes, P/ - 100 Micras, exclusivo para utilização em equipamentos de cópias. As lâminas foram cortadas com as dimensões de 295 mm por 32 mm, no intuito de obter as dimensões corretas para o processo de laminação manual.



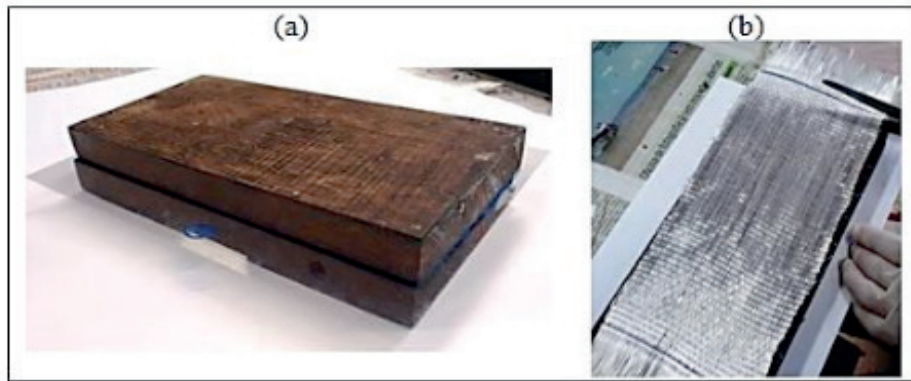


Figura 2. (a) Molde superior e inferior de madeira (b) Corte da lâmina de vidro nas dimensões do molde.

Na Figura (3) é mostrado para cada tipo de laminado confeccionado foi usada uma determinada quantidade de resina poliéster tereftálica insaturada (tipo CRISTAL) e agente de cura de peróxido de metil-etil-cetona (MEKP) com 0,7 % volume de resina que foi uniformemente distribuída por camada para garantir um padrão de fabricação das mesmas. Para a determinação da fração mássica, foi utilizado um método prático e que consistiu na pesagem de cada uma das lâminas de juta e vidro usadas para a fabricação dos compósitos laminados. Similarmente, for feito a pesagem da quantidade de resina e agente de cura no intuito de garantir a perfeita molhabilidade para as lâminas de juta e vidro, para cada configuração de compósito.

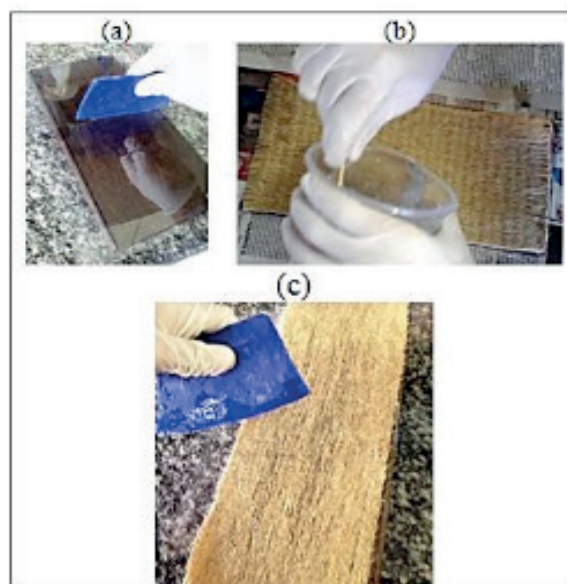


Figura 3. Processo de laminação (a) Impregnação da resina no molde revestido por uma lâmina de película transparente (b) Homogeneização manual de resina e agente de cura (c) Laminação da juta.

A Figura (4) evidencia uma esquematização da disposição do (a) compósito de Juta/Juta/juta foi fabricado com 5 (cinco) camadas intercaladas de resina poliéster, 3 (três) camadas de lâminas de juta. (b) O laminado de Juta/Vidro/Juta foi utilizado

5 (cinco) camadas intercaladas de resina poliéster, 2 (duas) camadas de lâminas de juta e 01 (uma) de camada de lâmina de vidro. (c) O compósito de vidro/vidro/vidro teve como configuração de 5 (cinco) camadas intercaladas de resina poliéster, 3 (três) camadas de lâminas de vidro.

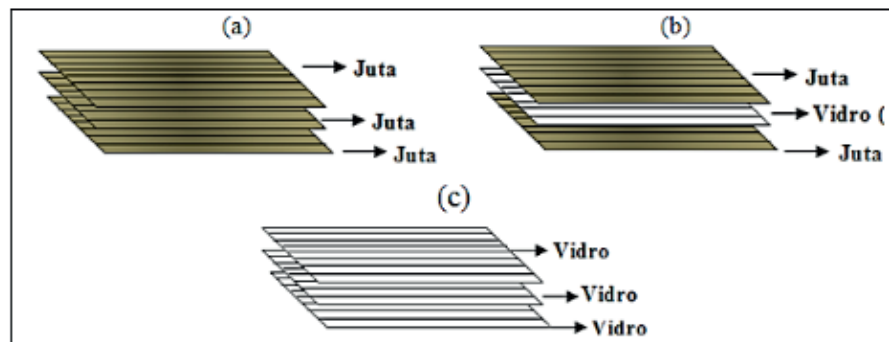


Figura 4. Esquema dos laminados (a) Compósito de Juta/Juta/Juta (b) Laminado de Juta/Vidro/Juta (c) Compósito de Vidro/Vidro/Vidro.

Posteriormente, processo de moldagem por compressão à temperatura ambiente de  $23\pm 3^{\circ}\text{C}$  foi realizado sob a carga de 500 kg e por 120 min na prensa hidráulica da Marcon, modelo MPH-10 t com manômetro. A Figura (5) tem-se a prensa hidráulica utilizada na compressão.



Figura 5. Prensa hidráulica utilizada na compressão.

Após esse procedimento aguardou-se uma semana para que se efetivasse a total cura do material. Após o tempo de cura completo, o compósito foi desmoldado de maneira simples retirando o molde superior e depois o inferior, retirando também a película plástica que se solta facilmente do laminado, sendo dessa forma extraído o compósito.

Posteriormente, os corpos de prova foram cortados utilizando uma bancada, conforme Fig. (6), desenvolvida exclusivamente para o corte dos laminados contendo uma máquina de corte de mármore e granito marca D'Walt, sendo fixada na bancada

através de parafusos. A bancada possuía um dispositivo de ajuste de tamanho, para possibilitar o corte de compósito com larguras diferentes.



Figura 6. Máquina utilizada no corte dos corpos de prova.

Os corpos de prova foram confeccionados, conforme a norma ASTM D3039, com as seguintes dimensões: 250 mm de comprimento por 15 mm de largura e espessura de 1 mm, área de útil de tração de 140 x 15 mm e velocidade de ensaio de 2 mm/min. Para o ensaio de tração foram colocados tabs de duratex fixados nos corpos de prova com cola “Tek Bond” adesivo instantâneo multiuso 725 de baixa viscosidade através de ato fixatório em um torno de bancada, recomendado pela norma com o intuito de distribuir homogeneamente a colagem e evitar o esmagamento do compósito pelas garras da máquina de tração. A Figura (7) mostra a parte final de confecção e construção das amostras antes de levá-las ao ensaio de tração. Sendo que da esquerda para a direita, os três primeiros configurados com as lâminas Juta/Juta/Juta, o do meio também com três corpos de provas com Juta/Vidro/juta e o último com mais três amostras de Vidro/Vidro/Vidro, totalizando nove.

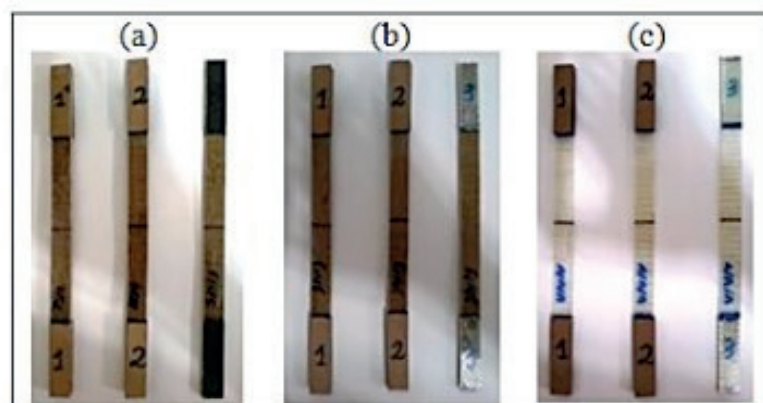


Figura 7. Corpos de prova de (a) Juta/Juta/Juta, (b) Juta/Vidro/Juta e (c) Vidro/Vidro/Vidro.

Posteriormente, a máquina de ensaio utilizada foi AROTEC modelo WDW-100E com capacidade de 10 t, no campus IFPA Belém, com célula de carga de 5 kN e velocidade de ensaio de 2 mm/min, dentro da norma ASTM D3039.

Posteriormente, a realização do ensaio mecânico de tração a superfície de fratura de cada corpo de prova foi analisada para a verificação dos principais mecanismos de falha. As análises foram realizadas através de uma câmera fotográfica de alta resolução da superfície das seções fraturadas.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os compósitos laminados foram moldados nas seguintes configurações de lâminas de juta/vidro/juta, vidro/vidro/vidro e juta/juta/juta. A Tabela (3) mostra os resultados das frações mássicas calculadas para cada laminado.

Tipo de material compósito	Número de camadas	Material	% Peso
Juta/Juta/Juta	5	Resina	83,57
	3	Juta	16,43
Juta/Vidro/Juta	5	Resina	81,52
	2	Juta	12,48
	1	Vidro	6,00
Vidro/Vidro/Vidro	5	Resina	72,56
	3	Vidro	27,44

Tabela 3. Resultados experimentais das frações mássicas.

Na Tabela (3) têm-se os valores medidos durante o processo de fabricação com os valores necessários para garantir a molhabilidade das lâminas de juta e vidro para que o material produzido apresentasse a menor quantidade de defeitos, melhor qualidade e propriedade.

Observando os valores comparativos da Tab. (3) tem-se que o material compósito Juta/Juta/Juta apresentou maior quantidade de resina em sua constituição, que deve estar associado a maior absorção de resina por parte das fibras de Juta que são mais porosas que as fibras de vidro. A quantidade de fibras entre as camadas foi maior para o compósito de vidro/vidro/vidro, seguido do compósito Juta/Vidro/Juta e Juta/Juta/Juta. As quantidades de fibras estão associadas a maior densidade de fibras na área do laminado do material compósito, que ocorreu para o material compósito vidro/vidro/vidro.

Os resultados de força máxima, alongamento na força máxima, tensão máxima e módulo de elasticidade obtidos no ensaio de tração encontram-se listados na Tab. (4) obtido para as laminados com as configurações de juta/juta/juta, juta/vidro/juta e vidro/vidro/vidro com a orientação paralelas 0° à direção de aplicação da carga 0°.

Propriedades dos compósitos	JUTA/JUTA/JUTA	JUTA/VIDRO/JUTA	VIDRO/VIDRO/VIDRO
Força Máxima (N)	3,28 ± 0,30	3,89 ± 0,21	5,35 ± 1,14
Alongamento na Força Máxima (mm)	5,74 ± 0,42	5,67 ± 1,28	7,01 ± 1,68
Tensão Máxima (MPa)	70,61 ± 5,01	86,35 ± 2,25	297,09 ± 63,49
Módulo de Elasticidade (GPa)	1,33	2,71	8,36

Tabela 4. Resultados dos ensaios de tração dos laminados.

É possível observar pela Tab. (4) que a tensão máxima foi maior para o compósito laminado na configuração de vidro/vidro/vidro seguido pelo de juta/vidro/juta e juta/juta/juta.

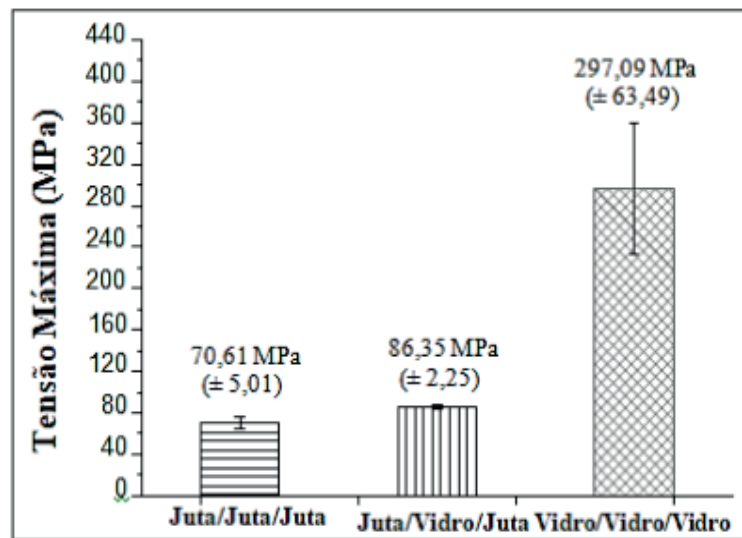


Figura 8. Tensão Máxima dos laminados.

As fibras de vidro são mais resistentes que as fibras de juta, conforme mostrado na Tab. (1) e a Fig. (8) e Fig.(9), fato que pode ter sido responsável pela maior resistência mecânica e maior rigidez do laminado reforçado pelas fibras de vidro quando comparado com o reforço unicamente de fibras de juta.

O comportamento mecânico superior dos laminados de vidro/vidro/vidro evidencia a ligação do teor de fibras que, de modo geral, propriedades superiores foram obtidas para as amostras com elevados teores para este tipo de compósito.

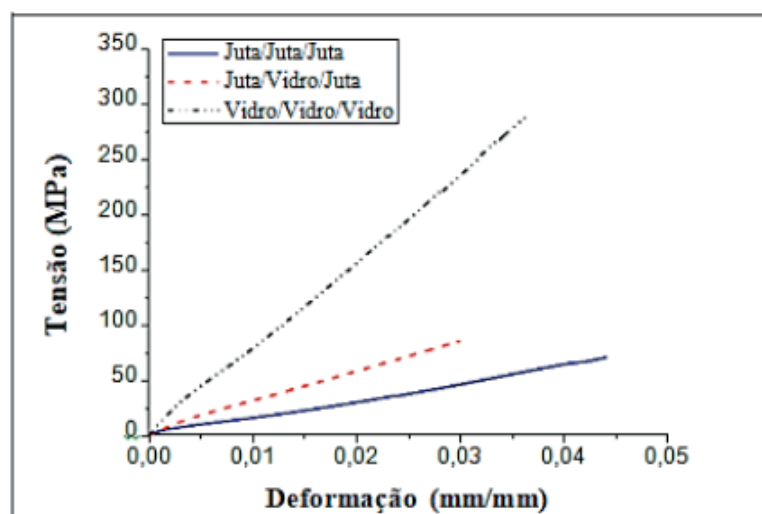


Figura 9. Comparação entre os resultados de tração dos compósitos laminados.

A razão pela qual o laminado juta/vidro/juta tenha atingido o melhor valor de

resistência em comparação ao compósito unicamente confeccionado com lâminas de juta pode ser justificada pela intercalação das lâminas de fibra de vidro entre as laminas de juta, configuração essa que reproduz o arranjo para melhor resistência que o material compósito pode apresentar intercalado, ou seja, as fibras estão contínuas e alinhadas na direção do carregamento e fortemente aderidas à matriz de lignocelulósicas.

A diferença entre os compósitos laminados de juta/juta/juta e juta/vidro/juta não foi tão significativo isto foi possivelmente devido ao fato que a fibra de menor resistência mecânica encontra-se nas superfícies do compósito; e as garras posicionadas no corpo de prova podem danificá-lo precocemente durante o ensaio mecânico de tração, influenciando nos resultados (Jawaid *et al*, 2011).

A Figura (10) descreve o aspecto da fratura e superfície do laminado de Juta/Juta/Juta ensaiado.

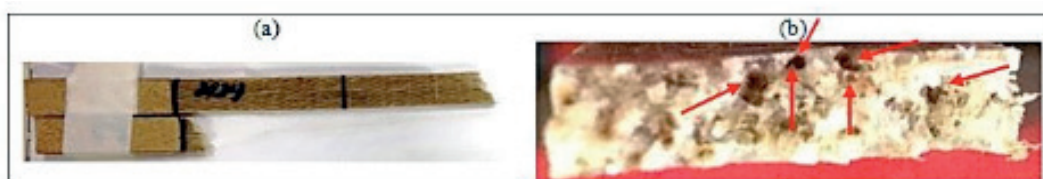


Figura 10. Aspecto da fratura do laminado Juta/Juta/Juta (a) Corpo de prova ensaiado (b) Superfície de fratura.

Observa-se na Fig. (10) pelas setas vermelhas que o mecanismo de fratura predominante de fratura foi pull-out, não foi observado o processo de delaminação. Algumas fibras de juta expostas indicam o arrancamento das mesmas.

A Figura (11) descreve o aspecto da fratura e superfície do laminado de Juta/Vidro/Juta ensaiado.



Figura 11. Aspecto da fratura do laminado Juta/Vidro/Juta (a) Corpo de prova ensaiado (b) Superfície de fratura.

A Figura (11) descreve que o processo dominante foi o de delaminação. As setas vermelhas indicam as lâminas de juta e a verde evidencia a lâmina de vidro. Na Figura (12 b) observa-se claramente as camadas que separam cada material, ou seja, a camada intercalada de lâmina de vidro.

A Figura (12) descreve o aspecto da fratura e superfície do laminado de Juta/Vidro/Vidro ensaiado.



Figura 12. Aspecto da fratura do laminado Vidro/Vidro/Vidro ensaiado.

Na Figura (12) da amostra de vidro não foi possível a análise da superfície de fratura devido a pulverização da matriz, não havendo processo de pull-out.

## 5 | CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido tinha como objetivo analisar o comportamento mecânico de tração dos laminados de juta/juta/juta, juta/vidro/juta e vidro/vidro/vidro. Os resultados mostraram dentro da expectativa baseadas em literaturas pesquisadas.

O laminado híbrido de juta/vidro/juta não teve muita diferença no resultado de tração em comparação ao compósito de juta/juta/juta.

O método de fabricação mostrou-se adequado para o laminado híbrido juta/vidro/juta, porém a quantidade de fibra deve ter influenciado fortemente nos resultados dos ensaios de tração;

O Aspecto da superfície de fratura foi verificado que houve delaminação entre as camadas de juta para o laminado de Juta/Vidro/Juta após o ensaio de tração, logo o aumento do teor de fibras deverá aumentar a resistência mecânica dos sistemas híbridos.

Comparando os resultados do laminado vidro/vidro/vidro, este obteve o melhor resultado para as propriedades mecânicas, assim para o híbrido de juta/vidro/juta teve melhor rendimento em detrimento ao de juta/juta/juta, justificando que a fibra de vidro tem propriedades melhores fazendo com que influencie no rendimento do laminado fabricado.

Deste modo, este artigo tem proposta para trabalhos futuros para confeccionar outros compósitos com configurações diferentes. A substituição das fibras sintéticas em compósitos com reforços com fibras naturais reduziria muito custo e acarretaria um impulso ao desenvolvimento à economia local. O estudo em si, objetivou a pesquisa sobre a alternativa de produção de compósitos laminados híbridos.

## REFERÊNCIAS

Barros, A. R. de F., 2006. **Compósitos híbridos: desenvolvimento de configuração e efeitos de umidificação**. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Bledzki, A. K.; Gassan, J., 1999. **Polymer Science Oxford**, 24, 221-274.  
Composites. Journal of Reinforced Plastics and Composites. Vol. 23, No. 17/2004.

Jawaid, M.; Khalil, H. P. S. A.; Bakar, A. A.; Khanam, P. N., 2011. **Chemical Resistance, Void Content**

**and Tensile Properties of Oil Palm/Jute Fibre Reinforced Polymer Hybrid Composites.** Materials and Design, 32 (2), pp. 1014- 1019.

John, K; Naidu, S. V. 2004. **Tensile Properties of Unsaturated Polyester Based Sisal Fiber-Glass Fiber Hybrid**

John, M. J.; Thomas, S., 2008. **Biofibres and biocomposites.** Carbohydrate Polymers, 71, pp. 343-364.

Joseph, S; Sreekala, M. S; Koshy, P; Thomas, S., 2008. **Mechanical Properties and Water Sorption Behavior of Phenol–Formaldehyde Hybrid Composites Reinforced with Banana Fiber and Glass Fiber.** Journal of Applied Polymer Science, 109 (3), pp.1439–1446.

Joshi, S. V.; Drzal, L. T.; Mohanty, A. K.; Arora, S., 2004. **Are natural fiber composites environmentally superior to glass fibre reinforced composites?** Composites Part A, Vol. 35, pp. 371-6.

Leão, M. A, 2008. **Fibras de licuri: um reforço vegetal alternativo de compósitos poliméricos.** 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Levy-neto, F., Pardini, L.C., 2006. **Compósitos Estruturais, Ciência e Tecnologia.** 1 ed., São Paulo, Edgard Blücher.

Mwaikambo, L. Y.; Bisanda, E. T. N., 1999. **The Performance of Cotton–Kapok Fabric Polyester Composites.** Polymer Testing, 18 (3), pp.181–198.

Neto, J. R. A., Carvalho, L. H., Araújo, E. M., 2007 “Influência da Adição de uma Carga Nanoparticulada no Desempenho de Compósitos Poliuretano/Fibra de Juta”, Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 17, nº 1, p. 10-15.

Pou, J.; Boutinguiza, M.; Quintero, F.; Lusquinos, F.; Soto, R.; Perez-amor, M., 2001. **Comparative study of the cutting of car interior trim panels reinforced by natural fibers.** Journal of Laser Applications, Vol. 13, n.3, p. 90-95.



## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Henrique Ajuz Holzmann:** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alumina-zircônia 154, 156

Aptasensor 51, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 87, 88, 91, 92, 93

Área específica 108, 115, 116, 117, 142, 143

### B

Biogás 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 35

Biomateriais 74, 75, 209

### C

CdTe/CdSe 161, 162, 163, 164, 165, 168, 169, 170

Compósito 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21

Conversão 108, 110, 112, 115, 116, 118

### E

Eletrofiação 73, 74, 75, 77, 79, 80, 81, 83, 119, 122, 123, 124, 125, 126, 131

Eletroquímica 52, 53, 55, 57, 60, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 87, 88, 89, 91, 92, 189

Engenharia tecidual 74

Espaçamento de fibra 1

### F

Fase Anatase 133, 135, 136, 140, 141, 142, 143

Fator de Qualidade 146, 147, 151, 152

Fibra de Juta 10, 12, 22

Fibra de vidro 10, 12, 13, 20, 21

Fibras de carbono 36, 37, 38, 40, 49

Fibras de sisal 1, 2, 3, 7, 14

Fibras naturais 1, 2, 10, 11, 12, 13, 21

Filtro 23, 28, 33, 97

Fosfato metálico 133

Fotocatálise 133, 134, 135, 142, 144

### G

Gelatina 108, 110, 111

Genossensores 64, 65, 66

### H

H<sub>2</sub>S 23, 24, 25, 28, 29, 32, 33, 34

Híbrido 10, 13, 21

## I

Indutores Internos 146, 151

## L

Laminados 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21

LaNiO<sub>3</sub> 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 131

## M

Meniscos 73, 74, 75, 80, 81, 83

Microdomínios 36, 38, 40, 44, 45, 46, 47, 48, 49

## N

Nanocompósito 96, 99, 101, 104, 105

Nanocristais 162

Nanopartículas de Ouro 63, 66, 68

Nanotubo de carbono 51, 87

Neuroesquistossomose 63, 64, 65, 70, 71, 72

Núcleo/casca 162

## O

Ocratoxina A 51, 52, 87, 88

Óxido de zinco 51, 52, 54, 87, 89, 90, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 106, 205, 206

## P

Pechini 23, 24, 27, 34, 108, 109, 110, 111, 118

Perovskita 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 120

Piche mesofásico 36, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 48, 49

Poli(ácido láctico) 96, 97

Propriedades mecânicas 1, 2, 5, 10, 12, 13, 21, 36, 37, 38, 49, 75, 83, 97, 98, 104, 106, 154, 155, 156, 158, 159, 209

## R

Rádio Frequência 146, 147

## S

Síntese coloidal 162

Sol-Gel 122, 132, 133, 134, 136, 144

## T

Teoria mesoscópica do contínuo 36, 39

## U

Umidade 12, 14, 23, 24, 25, 27, 28, 31, 32, 33, 52, 77, 97, 123, 137, 230, 239, 240, 241

