

**Cleberton Correia Santos
(Organizador)**

**Estudos Interdisciplinares
nas Ciências e da Terra
e Engenharias 3**

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências
Exatas e da Terra e Engenharias 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
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. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 3 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 3)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-642-3 DOI 10.22533/at.ed.423192309</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O livro “Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 3º volume 37 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS REFORÇADOS COM FIBRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR	
Paula Consoli Ireno Franco Mary Leiva Faria Ana Paula Bilck	
DOI 10.22533/at.ed.71619103091	
CAPÍTULO 2	10
ACESSIBILIDADE AO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE BIOLOGIA, MICROSCOPIA E ANÁLISES CLÍNICAS DA UEZO POR PESSOAS EM CADEIRA DE RODAS	
Tiago Alexandre Silva Nascimento Gabriella Oliveira Alves Moreira De Carvalho Thiago Manchester De Mello Fabio Da Silva De Azevedo Fortes	
DOI 10.22533/at.ed.71619103092	
CAPÍTULO 3	23
ANÁLISE DA ESTABILIDADE DAS ESCAVAÇÕES NO PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA	
Marinésio Pinheiro de Lima Robson Ribeiro Lima Francisco Wilson Hollanda Vidal	
DOI 10.22533/at.ed.71619103093	
CAPÍTULO 4	33
ELABORAÇÃO DE MODELO COMPUTACIONAL PARA O ESTUDO DE VIBRAÇÕES LIVRES EM UMA PONTE DE CONCRETO ARMADO	
Arlindo Pires Lopes Esterfeny Guedes Pires Larissa Lázara Mesquita Cavalcante Matheus Pereira da Silva Mayk Oris Guerreiro Stefanny di Samuel da Costa Tiago de Souza Seixas	
DOI 10.22533/at.ed.71619103094	
CAPÍTULO 5	45
ANÁLISE SENSORIAL: TESTES DISCRIMINATIVOS, DESCRITIVOS E AFETIVOS	
Antônio das Graças Amaral Neto Elisa Norberto Ferreira Santos	
DOI 10.22533/at.ed.71619103095	
CAPÍTULO 6	57
APLICAÇÃO DE JOGOS E GAMIFICAÇÃO NO ENSINO-APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS BÁSICOS DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL	
José Ribamar Azevedo dos Santos João Roberto Ursino da Cruz Marcos Paulo Santos Cardoso	
DOI 10.22533/at.ed.71619103096	

CAPÍTULO 7 70

ASPECTOS ECONÔMICOS DA LAVRA INTEGRAL DO PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA

Marinésio Pinheiro de Lima
Júlio Cezar de Souza
Francisco Wilson Hollanda Vidal

DOI 10.22533/at.ed.71619103097

CAPÍTULO 8 78

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM RELAÇÃO A CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL NA CIDADE DE CAMBORIÚ, SC

Beatriz Faga
Joeci Ricardo Godoi
Viviane Furtado Velho
Letícia Flohr

DOI 10.22533/at.ed.71619103098

CAPÍTULO 9 90

DESENVOLVENDO BIOMATERIAIS DE HIDROXIAPATITA RECOBERTA COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA (AgNPs) PARA APLICAÇÃO EM DEFEITOS CRÍTICOS ÓSSEOS

Ingrid Russoni de Lima
Gabrielle Cristine Lemos Duarte Freitas
Elaine Cristina Lopes Pereira
Lucas Furtado Loesh
Fernanda A. Sampaio da Silva
Heleno Souza da Silva
Renata Antoum Simão
José Adilson de Castro
Gláucio Soares Fonseca

DOI 10.22533/at.ed.71619103099

CAPÍTULO 10 102

AVALIAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO DO INOCULANTE E DA COMBINAÇÃO DE SUBSTRATOS SOBRE A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DE GLICEROL BRUTO, DEJETOS SUÍNOS E GLICOSE

Fidel Alejandro Aguilar Aguilar
Ronnie Von Dos Santos Veloso
Luis Fernando Santis Espinosa
Lilian de Araújo Pantoja
Alexandre Soares dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.716191030910

CAPÍTULO 11 114

CAPTURE DE CARBONO VOLÁTIL DO PROCESSO DE BIORREMEDIAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

Odete Gonçalves
Paulo Fernando de Almeida
Cristina Maria A. L. T. M. H. Quintella
Ana Maria Álvares Tavares da Mata

DOI 10.22533/at.ed.716191030911

CAPÍTULO 12 129

CARBETO DE BORO (B₄C): REVISÃO acadêmica ACERCA DAS PROPRIEDADES E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

Eduardo Braga Costa Santos
Denise Dantas Muniz
Eliandro Pereira Teles
Danielle Guedes de Lima Cavalcante
Ricardo Alves da Silva

DOI 10.22533/at.ed.716191030912

CAPÍTULO 13 141

CLIMATOLOGIA DA REGIÃO OESTE DO PARÁ - CENTRO DA AMAZÔNIA - E IMPACTO DOS TRÊS ÚLTIMOS EVENTOS DE SECAS SEVERAS NA TEMPERATURA DO AR E PRECIPITAÇÃO

Gabriel Brito Costa
Waldeir dos Santos Pereira
Mayara Barbosa Lima
Juliane da Silva Sampaio
Ana Caroline da Silva Macambira
Letícia Victória Santos Matias
Duany Thainara Corrêa da Silva
Natan Barbosa Almada
Rogério Favacho da Cruz
Jéssica Aline Godinho da Silva

DOI 10.22533/at.ed.716191030913

CAPÍTULO 14 153

DESIGN DE ENUNCIADOS COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS SOB O ENFOQUE DA (RE) FORMULAÇÃO DE PROBLEMAS

Fabiane Fischer Figueiredo
Claudia Lisete Oliveira Groenwald

DOI 10.22533/at.ed.716191030914

CAPÍTULO 15 164

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO TOTAL E BIOACESSÍVEL *in vitro* DE CÁLCIO EM DIFERENTES TIPOS DE LEITE POR FOTOMETRIA DE CHAMA

Ani Caroline Weber
Luiz Ricardo Mallmann Oliveira
Sabrina Grando Cordeiro
Eniz Conceição Oliveira
Eduardo Miranda Ethur
Lucélia Hoehne

DOI 10.22533/at.ed.716191030915

CAPÍTULO 16 175

ESPAÇO ARTE_ON: PLATAFORMA ON-LINE PARA EXPOSIÇÕES ARTÍSTICAS DOS DISCENTES DO ENSINO MÉDIO DO IFC-CAS

Leonardo Cristovam de Jesus
Lucas Pereira Elias
Marcos Henrique de Moraes Golinelli
Tereza Cristina Benevenuto Lautério

DOI 10.22533/at.ed.716191030916

CAPÍTULO 17 188

ESTRATÉGIAS FOCADAS NO ENSINO DE LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA BRASILEIRA

Deborah Godoy Martins Corrêa
Tiago de Oliveira
Denise Stringhini

DOI 10.22533/at.ed.716191030917

CAPÍTULO 18 201

ESTUDO DA FRAÇÃO ÁCIDA DO ÓLEO DE COPAÍBA

Carlos Vinícius Machado Miranda
Railda Neyva Moreira Araújo Cabral
Luely Oliveira da Silva
Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon
Marivaldo José Costa Corrêa
Eloisa Helena de Aguiar Andrade
Manoel Leão Lopes Junior
Lourivaldo Silva Santos

DOI 10.22533/at.ed.716191030918

CAPÍTULO 19 209

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DO REAPROVEITAMENTO DO ESTÉRIL DE ROCHAS ORNAMENTAIS COMO AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Weverton Pereira do Sacramento
Maria de Lourdes de Oliveira
Luana Leite Ferreira
Robson Wotikowski Guedes

DOI 10.22533/at.ed.716191030919

CAPÍTULO 20 218

EXPLORANDO CONCEITOS GEOMÉTRICOS NA EDUCAÇÃO INFANTIL

Leila Pessôa Da Costa
Sandra Regina D'Antonio Verrengia

DOI 10.22533/at.ed.716191030920

CAPÍTULO 21 226

GESTÃO DE INFORMAÇÕES CLÍNICAS DE ANIMAIS DE GRANDE PORTE: UMA PROPOSTA DE SOLUÇÃO BASEADA EM COMUNIDADE DE PRÁTICA

Gersica Agripino Alencar
Rafael Santos Barbosa
Ricardo André Cavalcante de Souza

DOI 10.22533/at.ed.716191030921

CAPÍTULO 22 239

GRUPOS DE HOMOLOGIA SIMPLICIAL

Wendy Díaz Valdés
Lígia Laís Fêmina
Gisele Andrade Lemos
Jorge Vicente Barbosa Júnior

DOI 10.22533/at.ed.716191030922

CAPÍTULO 23 246

LAMINADOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIOS DE JUTA NA FORMA DE TECIDO E ORIENTADOS A 0°, 45° E 90°

José Emílio Medeiros dos Santos
Douglas Santos Silva
Igor dos Santos Gomes
Maurício Maia Ribeiro
Roberto Tetsuo Fujiyama

DOI 10.22533/at.ed.716191030923

CAPÍTULO 24 263

MAGONIA PUBESCENS A.ST.-HIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Ana Mayra Pereira da Silva
Amanda Ribeiro Correa
Cárita Rodrigues de Aquino Arantes
Rosiane Alexandre Pena Guimarães
Monica Franco Nunes
Dielle Carmo de Carvalho Neres
Elisangela Clarete Camili
Carla Spiller

DOI 10.22533/at.ed.716191030924

CAPÍTULO 25 270

O CURSO DE PRÉ-CÁLCULO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA NO ENSINO SUPERIOR

Erasmus Tales Fonseca
Leandro Teles Antunes dos Santos
Patrícia Milagre de Freitas
Dayane Andrade Queiroz

DOI 10.22533/at.ed.716191030925

CAPÍTULO 26 279

OS DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM REDE NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

Dafne Fonseca Alarcon
Luziana Quadros da Rosa
Robson Santos da Silva
Felipe de Matos Müller
Márcio Vieira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.716191030926

CAPÍTULO 27 294

PRÁTICAS DE ENSINO DE MATEMÁTICA COM VISTAS À EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO CONTEXTO DA TRANSVERSALIDADE

Daniana de Costa
Edilson Pontarolo

DOI 10.22533/at.ed.716191030927

CAPÍTULO 28 304

RESULTADOS PRELIMINARES DA UTILIZAÇÃO DO WRF NO INPE/EUSÉBIO - UM ESTUDO DE CASO

Vanessa de Almeida Dantas
Vicente de Paulo Silva
Adilson Gandu

DOI 10.22533/at.ed.716191030928

CAPÍTULO 29	313
A MODELAGEM MATEMÁTICA NA PRODUÇÃO DE MILHO INFLUENCIADO PELA SUCESSÃO DE CULTURAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA	
Lilian Fátima Ancerowicz Rubia Diana Mantai	
DOI 10.22533/at.ed.716191030929	
CAPÍTULO 30	326
SISTEMA PARA PREVENÇÃO DE QUEDAS E PENSAMENTO DO PASSAGEIRO NA PORTA DO TRANSPORTE COLETIVO BASEADO NA PLATAFORMA ARDUINO	
Lucas Goiabeira Farias Francisco da Conceição Silva Wellington Luis Mineiro França	
DOI 10.22533/at.ed.716191030930	
CAPÍTULO 31	332
TEATRO E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO DE FRAÇÕES	
Fabiana Gerusa Leindeker da Silva Jenifer Cassandra da Silva Oliveira Bruno Ferreira da Luz Tamires Bon Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.716191030931	
CAPÍTULO 32	342
UM ESTUDO SOBRE O DESEMPENHO DE VIRTUALIZAÇÃO NOS HYPERVISORS VMWARE E KVM	
Lúcio Flávio de Jesus Silva Marco Antônio Castro Martins	
DOI 10.22533/at.ed.716191030932	
CAPÍTULO 33	349
CONTRIBUIÇÃO DO PIBID/QUÍMICA NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS (EJA): UM RELATO DE EXPERIÊNCIA NO MUNICÍPIO DE COARI-AMAZONAS	
Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi Cristiana Nunes Rodrigues Carlos Victor Lamarão Maria Aparecida Silva Furtado	
DOI 10.22533/at.ed.716191030933	
CAPÍTULO 34	358
OCORRÊNCIA DE PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA E CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA CIDADE DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP: ANÁLISE DE CASOS ATENDIDOS EM UMA CLÍNICA/ESCOLA NO PERÍODO DE 2012 A 2014	
Marcos Barros de Souza Daiane de Oliveira Portella Miriam Rodrigues Silvestre Lúcia Martins Barbatto	
DOI 10.22533/at.ed.716191030934	

CAPÍTULO 35	368
APLICAÇÃO DE SISTEMAS LINEARES EM CIRCUITOS ELÉTRICOS DE CORRENTE CONTÍNUA	
Robson Cabral Severo	
Leonardo Vale de Araujo	
Rafael The Bonifácio de Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.716191030935	
CAPÍTULO 36	378
DIAGNÓSTICO SOBRE OS CONDICIONANTES GEOLÓGICOS E AS FALHAS QUE OCASIONARAM OS DESABAMENTOS NA CICLOVIA TIM MAIA	
Vinicius da Silva Freitas	
Rafael Alves da Rocha	
Marcelo Augusto da Silva Cunha	
Bruno Matos de Faria	
DOI 10.22533/at.ed.716191030936	
CAPÍTULO 37	388
RECICLAGEM DE VIDRO DE PARA-BRISAS PARA PRODUÇÃO DE VITROCERÂMICA COM 15% DE ÓXIDO DE NIÓBIO	
Hiasmim Rohem Gualberto	
Iury Almeida Moraes	
Mônica Calixto de Andrade	
Edgard Poiate Junior	
Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva	
Isis Andrea Venturini Pola Poiate	
DOI 10.22533/at.ed.716191030937	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	401
ÍNDICE REMISSIVO	402

LAMINADOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIOS DE JUTA NA FORMA DE TECIDO E ORIENTADOS A 0°, 45° E 90°

José Emílio Medeiros dos Santos

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial (PPGEI)

Belém – Pará

Douglas Santos Silva

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM)

Belém – Pará

Igor dos Santos Gomes

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM)

Belém – Pará

Maurício Maia Ribeiro

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA)

Belém – Pará

Roberto Tetsuo Fujiyama

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM) e Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM)

Belém – Pará

RESUMO: As fibras vegetais têm sido estudadas como alternativa na substituição de fibras sintéticas, pois além de serem de fontes renováveis, baixo consumo e abundantes na natureza, são de fácil trabalhabilidade. A

literatura propõe que compósitos poliméricos reforçados por fibras contínuas, alinhadas e unidirecionais possuem as melhores propriedades mecânicas. Neste contexto, esta pesquisa apresenta laminados de materiais compósitos de matriz poliéster reforçados por fios de juta com arranjos, distribuição e orientação em que as fibras sintéticas geralmente têm bom desempenho. As configurações dos laminados nos compósitos foram 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0°. As lâminas com 0° e 45° foram produzidas manualmente, enquanto que a do tecido foi fornecida pelo fabricante. A fabricação dos compósitos foi feita através da técnica de laminação manual (*hand-layup*). Corpos de prova foram produzidos segundo a norma ASTM D3039, para ensaio de tração e avaliação de propriedades como força máxima, deslocamento correspondente à força máxima, limite de resistência à tração e módulo de elasticidade. O compósito que apresentou maior resistência à tração foi o laminado na configuração 0°/0°/0°, com 69 MPa, seguido do laminado 0°/Tecido/0°, com 52,42 MPa, seguido do 0°/45°/0°, com 47,17 MPa e 0°/90°/0°, com 43,31 MPa. Além da avaliação das propriedades mecânicas, também foram avaliados os mecanismos de fratura dos corpos de prova após o ensaio de tração.

PALAVRAS-CHAVE: Compósitos poliméricos; fibras vegetais; propriedades mecânicas;

laminação manual.

POLYESTER MATRIX LAMINATES REINFORCED WITH JUTE THREAD AS FABRIC AND ORIENTED AT 0°, 45° AND 90°

ABSTRACT: Natural fibres have been studied as an alternative to synthetic fibres. Natural fibres are usually from renewable sources, abundant in nature and they are easy to work with. Current literature suggests that continuous fibre reinforced polyester composites unidirectionally aligned have the strongest mechanical properties. This study presents composite laminate materials of polyester matrix reinforced with jute thread. The natural fibre in the laminates used in this study were arranged, distributed and oriented in the same way as synthetic fibres would be arranged in laminates to achieve their strongest mechanical properties. The configurations of the laminates in the composites were 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° and 0°/fabric/0°. The 0° and 45° layers were produced manually, while the manufacturer supplied the fabric. The composites were produced using hand-layup technique. The samples used in this study were produced according to ASTM3039 specifications. The samples were subjected to a tensile test to investigate their mechanical properties, such as maximum strength, displacement corresponding to maximum strength, tensile strength and modulus of elasticity. Test results showed the composite material with laminate configuration 0°/0°/0° had the highest tensile strength, 69 MPa. The laminate with 0°/fabric/0° configuration had tensile strength of 52,42 MPa, the one with 0°/45°/0° configuration had tensile strength of 47,17 MPa and the laminate with 0°/90°/0° configuration had the lower tensile strength, 43,31 MPa. In addition to the mechanical properties analysis the samples were analysed for the fracture mechanics behaviour after the tensile test.

KEYWORDS: Polymer composites; natural fibres; material mechanical properties; hand-layup lamination

1 | INTRODUÇÃO

A busca por novos materiais, que possibilitem a sustentabilidade da Região Amazônica, tem motivado as pesquisas e aumentado a importância da utilização das fibras vegetais como elementos de carga e/ou reforços em compósitos de matriz polimérica. Estas fibras são provenientes de fontes renováveis, biodegradáveis, apresentam baixo custo, baixa densidade e abrasividade, além de propriedades mecânicas com potencial à substituição das fibras sintéticas utilizadas na construção civil, na indústria automobilística e aeronáutica. (BAVAN; KUMAR, 2010; VAISANEN, DAS, TOMPPO, 2017; SANTOS; SILVA; CASTRO, 2017)

Recursos naturais renováveis têm sido usados na fabricação de compósitos, sejam de matrizes que podem ser recicladas (termoplásticas), como de matrizes não recicláveis (termorrígidas), uma vez que o reforço destes com fibras naturais está

associado à nova lógica do desenvolvimento sustentável e potencializa a produção de materiais ambientalmente corretos (ALVES et. al., 2010; RODRIGUES; SOUZA; FUJIYAMA, 2015; DAKHAL et al., 2017).

As propriedades dos compósitos estão diretamente associadas às propriedades dos seus elementos constituintes, isto é, da fase contínua (matriz) e da fase dispersa (reforço), bem como das frações volumétricas, interface e adesão reforço/matriz, disposição das camadas e orientação, geometria do filamento, como forma e tamanho (MARINUCCI, 2011; HILLIG et al., 2011). As fibras naturais de origem vegetal mais recentemente utilizadas em aplicações de compósitos provêm do caule e da folha. Dentre estas, podem ser citadas o linho, cânhamo, juta, sisal, kenaf, coco, sumaúma, banana e muitas outras (SANJAY, ARPITHA, YOGESHA, 2015). Alguns destes materiais já foram adotados, por exemplo, pelas indústrias automotiva e aeroespacial (HO et al., 2012; SATHISHKUMAR, NAVANEETHAKRISHNAN, SHANKAR, 2012).

Das fibras vegetais, destaca-se a fibra de juta (*Corchorus capsularis*), que possui muitas vantagens, como baixo custo, ecológicas, propriedades mecânicas moderadas, o que as torna melhores alternativas de fibras sintéticas em muitas aplicações (HOSSAIN et al., 2013). Como reforço em compósitos, a juta também pode ser usada na forma de tecido, cujos fios são formados por microfibras. Cavalcante (2008) observou que, independentemente do tipo de matriz e do diâmetro do fio utilizado, as torceduras nos fios de juta podem provocar aumento na carga e tensão de ruptura do compósito, além da deformação; há, porém, diminuição nos valores do módulo de elasticidade.

Em compósitos de matriz epóxi e reforço com fios de juta na forma de tecido, Pires et al. (2012), por exemplo, realizou ensaio de tração em conformidade com a norma da *American Society for Testing and Materials* (ASTM D3039), verificando a influência da fração volumétrica, uma que com 30% de foi obtido limite de resistência à tração de 71,07 MPa e módulo de elasticidade de 0,93 GPa para o compósito. Esta influência associada à orientação da fibra foi conferida posteriormente por Dhakal (2013).

Veiga (2014) desenvolveu compósitos de matriz poliéster e mostrou a influência de camadas de tecido de juta nas orientações de 0°, 45° e 90°, empilhadas nas configurações [0°,45°,0°] e [0°,90°,0°], de forma simétrica, em seis camadas. As propriedades obtidas no ensaio de tração realizado em conformidade com a norma ASTM D3039, mostram que os laminados na configuração [0°,90°,0°] apresentaram maior limite de resistência à tração, 36,5 MPa, em comparação ao laminados na configuração [0°,45°,0°], 33,9 MPa, devido no primeiro os fios de juta estarem dispostos na direção preferencial ao sentido de aplicação da força.

Silva (2014), em compósito de matriz polimérica ortoftálica reforçados com fibras de juta, contínuas e alinhadas, in natura e sem tratamento químico, proporções de 0%, 10%, 20% e 30% em volume de fibras, obteve limites de resistência à tração

de 31,26 MPa, 62,49 MPa, 68,80 MPa e 56,58 MPa, para de 0%, 10%, 20% e 30%, respectivamente. Os módulos de elasticidade encontrados foram de 0,45 GPa, 0,98 GPa, 0,80 GPa e 0,61 GPa para 0%, 10%, 20% e 30%, respectivamente. Tais valores revelam o aumento da resistência à tração com o aumento do teor de fibras alinhadas.

Neste contexto, portanto, vê-se que a literatura propõe que compósitos poliméricos reforçados por fibras contínuas, alinhadas e unidirecionais possuem as melhores propriedades mecânicas. Assim, esta pesquisa apresenta laminados de materiais compósitos de matriz poliéster reforçados por fios de juta nas configurações $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, $0^\circ/45^\circ/0^\circ$, $0^\circ/90^\circ/0^\circ$ e $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$, utilizando a norma ASTM D3039 para ensaio de tração, de modo a avaliar a influência das orientações nas propriedades mecânicas.

2 | MATERIAIS

Ao longo do desenvolvimento do trabalho utilizou-se a resina de poliéster tereftálica insaturada e pré-acelerada, fabricada pela Royal Polímeros sob a denominação comercial de *Denverpoly 754*.

O agente de cura utilizado foi o peróxido de MEK (Butanox M-50), na proporção de 0,33% (v/v). Com esta proporção, Rodrigues (2008), obteve boas propriedades mecânicas em compósitos poliméricos reforçados por fibras naturais.

A juta foi adquirida no comércio de Belém, na forma de tecido, do qual foram retirados os fios para a confecção das lâminas usadas nesta pesquisa.

3 | MÉTODOS

3.1 Preparação das lâminas com fios de juta

Os tecidos de juta foram desfiados para a confecção das lâminas e serem trabalhados apenas com os fios para poderem ser feitos os alinhamentos propostos, os fios foram fixados no papel com a fita dupla face seguindo os alinhamentos de 0° , 45° , 90° e tecido. Ao final do processo as lâminas foram costuradas na folha de papel A4 para garantir o alinhamento após a desmoldagem do papel.

3.2 Fabricação dos laminados

Na fabricação dos laminados foi utilizada uma base de compensado revestida com transparência, onde as lâminas foram organizadas e fixadas em diferentes configurações de ângulos. Para cada uma das placas confeccionadas foi usada uma determinada quantidade de resina que foi uniformemente distribuída por camada para garantir um padrão de fabricação através da técnica *hand-layup*.

Após esse procedimento aguardou-se uma semana para que se efetivasse a total cura do material. Foi usado a fração mássica de 18% para todas as placas. A Figura 1 ilustra a combinação feita para as lâminas 0° , 45° , 90° e tecido, ficando estabelecidas as placas $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, $0^\circ/45^\circ/0^\circ$, $0^\circ/90^\circ/0^\circ$ e $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$.

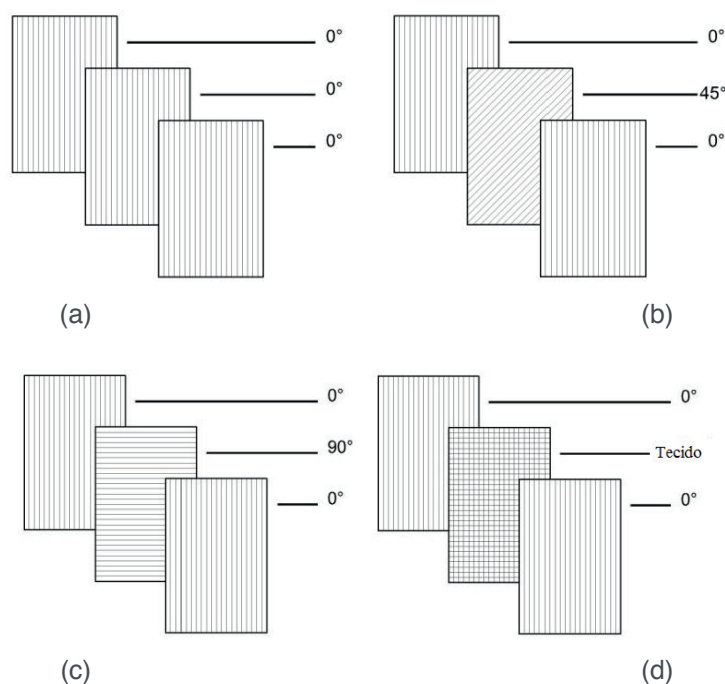


Figura 1: Configurações adotadas para a fabricação dos laminados, com as orientações (a) $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, (b) $0^\circ/45^\circ/0^\circ$, (c) $0^\circ/90^\circ/0^\circ$ e (d) $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$.

3.3 Confeção dos corpos de prova e ensaio de tração

Os corpos de prova foram produzidos segundo a norma ASTM D3039 e suas dimensões. Os alinhados a 0° foram obtidos com as dimensões de 15 mm de largura por 250 mm de comprimento, enquanto que os unidirecionais e tecidos com 25 mm de largura por 175 mm de comprimento. Os corpos foram cortados dos laminados com o auxílio de disco de corte diamantado.

O ensaio de tração foi realizado numa máquina EMIC modelo DL 500, com célula de carga de 5 kN e velocidade de ensaio de 2 mm/min, dentro da norma ASTM D3039.

3.4 Análises da superfície de fratura

Após a realização do ensaio mecânico, a superfície de fratura de cada corpo de prova foi analisada para a verificação dos mecanismos de falha dos mesmos. As análises foram feitas através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Laminados de fios de juta

Nas Figuras 2, 3, 4 e 5, têm-se o registro da configuração dos laminados na orientações $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, $0^\circ/45^\circ/0^\circ$, $0^\circ/90^\circ/0^\circ$ e $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$, nos quais se verifica a eficácia do processo de laminação manual de acordo com a sequência de empilhamento das lâminas para cada compósito.

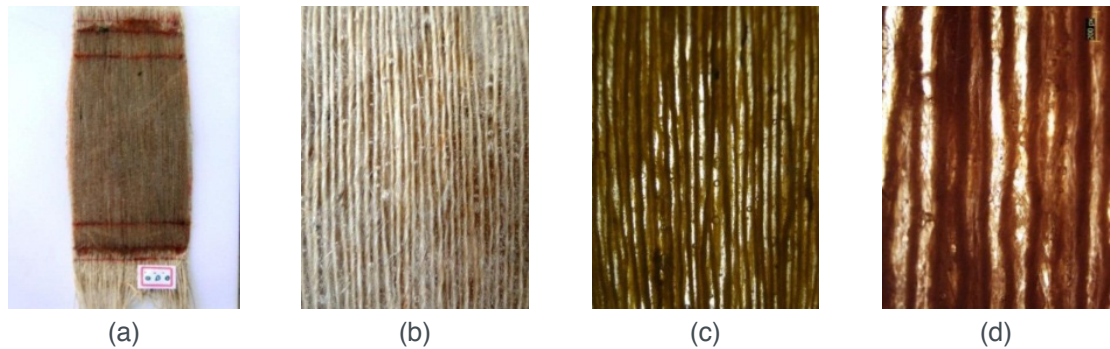


Figura 2: Laminados de fios de juta constituídos pelas orientações $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, (a) indicando o compósito pronto e (b), (c) e (d) as lâminas.

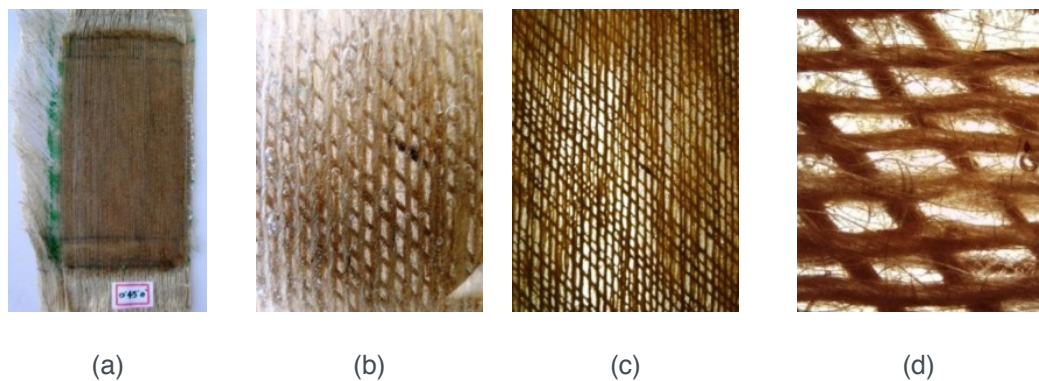


Figura 3: Laminado de fios de juta constituído pelas orientações $0^\circ/45^\circ/0^\circ$, (a) indicando o compósito pronto e (b), (c) e (d) as lâminas.

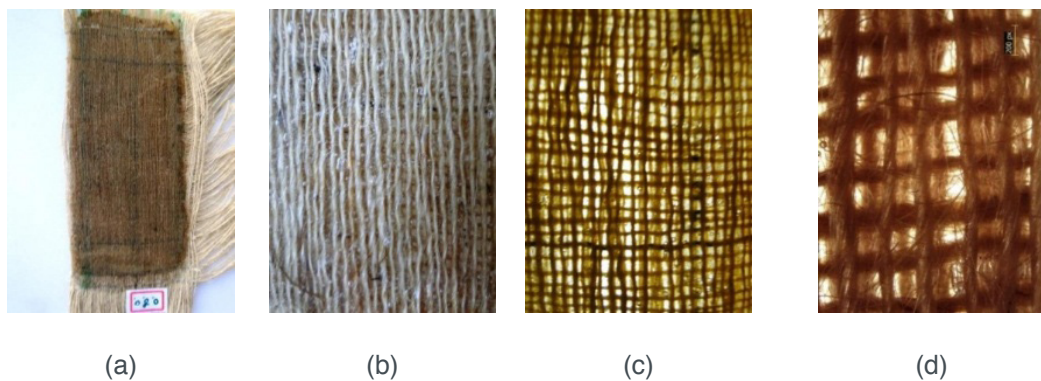


Figura 4: Laminado de fios de juta constituídos pelas orientações $0^\circ/90^\circ/0^\circ$, (a) indicando o compósito pronto e (b), (c) e (d) as lâminas.

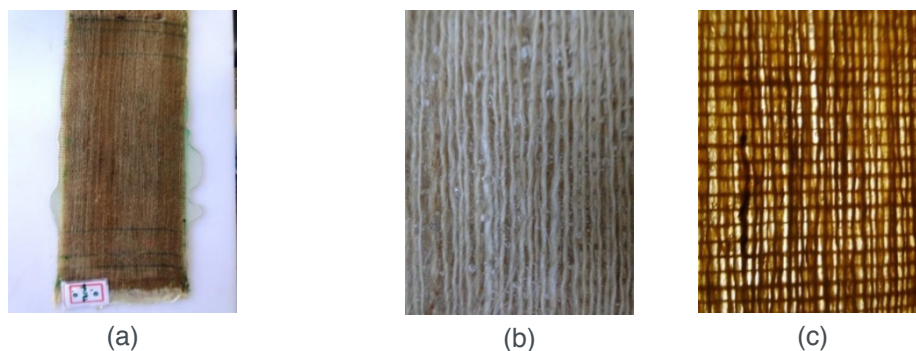


Figura 5: Laminado de fios de juta constituídos pelas orientações 0o/Tecido/0o, (a) indicando o compósito pronto e (b), (c) e (d) as lâminas.

4.2 Propriedades Mecânicas

Por intermédio do ensaio de tração, obtiveram-se as propriedades mecânicas dos materiais compósitos, como força máxima, tensão máxima, deslocamento e módulo de elasticidade, mostradas na Tabela 1.

Tipo de Laminado	Força Máxima (kN)	Tensão Máxima (MPa)	Deslocamento na Força Máxima (mm)	Módulo de Elasticidade (GPa)
0°/0°/0°	2,60 ± 0,32	69,00 ± 6,20	2,43 ± 0,53	0,93 ± 0,17
0°/45°/0°	2,90 ± 0,47	47,17 ± 7,44	2,72 ± 0,37	1,12 ± 0,14
0°/90°/0°	2,67 ± 0,25	42,31 ± 3,98	2,40 ± 0,27	1,13 ± 0,08
0°/Tecido/0°	3,33 ± 0,96	52,42 ± 15,13	2,53 ± 0,48	1,25 ± 0,12

Tabela 1: Propriedades mecânicas dos materiais compósitos nas configurações 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0°.

De acordo com a Tabela 1, observa-se que o laminado com a orientação de fios de juta a 0°/0°/0° possui a maior resistência à tração, 69 MPa. Nas orientações 0°/45°/0° e 0°/90°/0° a resistência cai para 47,17 MPa e 42,31 MPa, respectivamente. Comparado a estes, a orientação de 0°/Tecido/0° a resistência foi de 52,42 MPa. Na Figura 6 tem-se gráfico de barras comparando estes resultados.

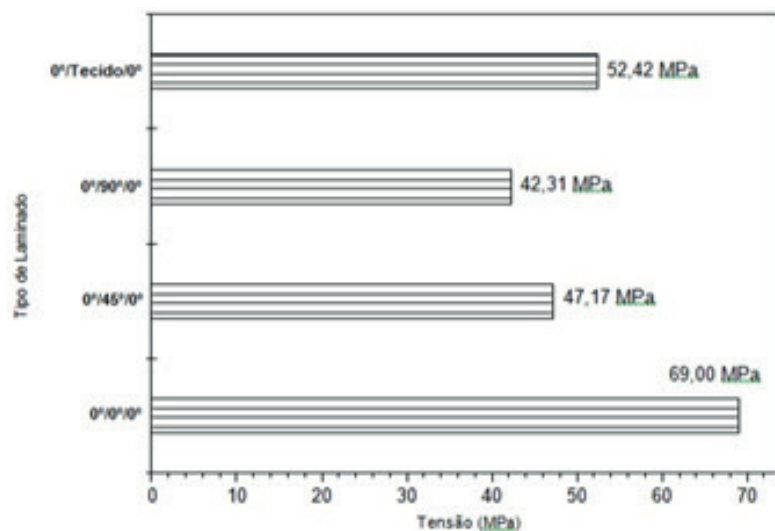


Figura 6: Valores de tensão máxima para os compósitos na configuração 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0°.

Segundo o gráfico mostrado na Figura 6, observa-se que a resistência à tração do compósito com a configuração 0°/0°/0° é 38,68% superior em relação ao compósito com a configuração 0°/90°/0°. Já em relação às configurações 0°/45°/0° e 0°/Tecido/0°, é 31,64% e 24,03%, respectivamente.

Na Tabela 1 também é observado que houve um aumento no módulo de elasticidade dos materiais compósitos inverso ao aumento da resistência à tração. Na configuração 0°/0°/0° esse é 0,93 GPa, 0°/45°/0° 1,12 GPa, 0°/90°/0° 1,13 GPa e 0°/Tecido/0° 1,25 GPa. O módulo de elasticidade pode ser observado a partir da inclinação das curvas características, comportamento da força versus deslocamento para os compósitos com empilhamento 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0°, mostrados na Figura 7.

De acordo com a regra das misturas, o compósito com fibras contínuas e alinhadas na direção do carregamento, apresentará a maior resistência à tração. Além disso, Cavalcante (2009) mostrou que para fios longos e alinhados de juta, têm-se um maior contato entre a fibra e a matriz, fazendo com que os esforços de tração experimentados pelo compósito durante o ensaio, sejam mais facilmente transmitidos da matriz para a fibra, aumentando, assim, a resistência do material.

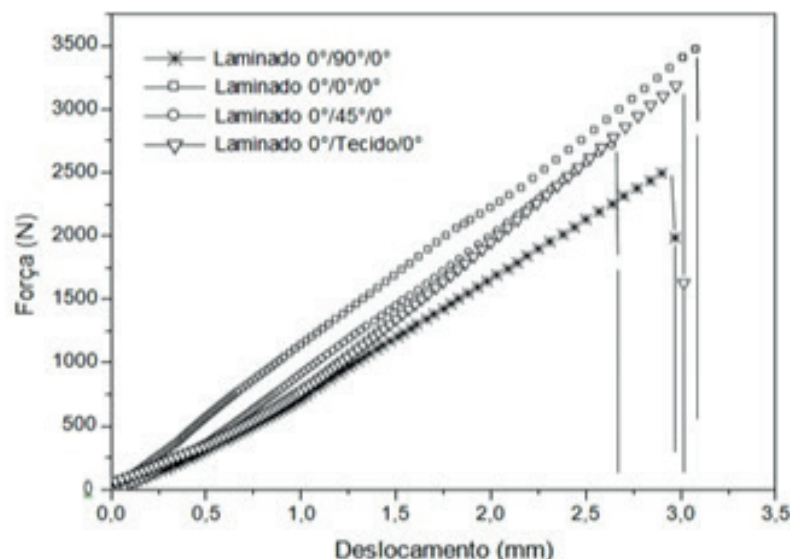


Figura 7: Curvas características da força versus deslocamento para os compósitos com configurações $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$, $0^{\circ}/45^{\circ}/0^{\circ}$, $0^{\circ}/90^{\circ}/0^{\circ}$ e $0^{\circ}/\text{Tecido}/0^{\circ}$.

Assim, como já observado por Msallem et al. (2010) e Hossain et al. (2013), à medida que a orientação dos fios nas lâminas centrais muda da direção transversal para a direção longitudinal, isto é, de 90° e 45° para 0° , e devido os fios de juta possuírem alta resistência à tração, ocorre um aumento significativo na resistência à tração do compósito. No caso de a lâmina central ser o tecido, devido este possuir fios no sentido preferencial dos esforços, a resistência à tração é significativa.

As configurações $0^{\circ}/90^{\circ}/0^{\circ}$, $0^{\circ}/45^{\circ}/0^{\circ}$ e $0^{\circ}/\text{Tecido}/0^{\circ}$ em comparação à $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$, apresentam fibras também na orientação do carregamento, que são as lâminas com orientação a 0° . No entanto, as lâminas com fibras que estão a 90° têm menor contribuição como reforço no material compósito, e podem agir como cargas concentradoras de tensão.

Já no caso de uma mudança na orientação dos fios de juta na lâmina central da direção longitudinal para a transversal, tanto na Tabela 1 quanto na Figura 7, é observado aumento na rigidez do material compósito. A maior rigidez ocorre no compósito com a configuração que há tecido, cuja razão pode ser devido haver fios orientados tanto a 0° quanto a 90° . Este comportamento pode também estar relacionado, segundo Merlini (2011) e Sanchez et al. (2010), à incorporação das fibras no compósito, uma vez que as fibras possuem maior rigidez e menor deformação do que a matriz.

Na Tabela 2 tem-se comparação entre os compósitos desta pesquisa com a de outros pesquisadores que usaram as mesmas configurações dos laminados de juta na fabricação de materiais compósitos.

Configurações do reforço	Resistência à Tração (MPa)	Autores
0°/0°/0°	53,30	Cavalcante, 2008
0°/0°/0°	69,00	Esta pesquisa
0°/90°/0°	33,79	Cavalcante, 2008
0°/90°/0°	42,31	Esta pesquisa
0°/90°/0°	36,50	Veiga, 2014
0°/90°/0°	42,31	Esta pesquisa
0°/45°/0°	33,90	Veiga, 2014
0°/45°/0°	47,17	Esta pesquisa

Tabela 2: Comparativo dos resultados desta pesquisa com a de outros autores.

De acordo com as informações da Tabela 2 observa-se que os materiais compósitos originados nesta pesquisa apresentaram boas propriedades mecânicas de tração no que se refere ao limite de resistência à tração. Para o compósito com a configuração 0°/0°/0° em comparação a Cavalcante (2008), mostrou-se 22,75% superior. Para a configuração 0°/90°/0°, também apresentou resultados superiores, 20,13% e 13,73% que Cavalcante (2008) e Veiga (2014) respectivamente. Já para a configuração 0°/45°/0° o limite de resistência foi maior em 28,13% em relação ao pesquisado por Veiga (2014).

É importante ressaltar que a diminuição do valor da resistência à tração dos compósitos pode ter ocorrido não só pela mudança de orientação, mas também pela presença de defeitos na matriz e na própria fibra, uma vez, segundo Gupta (2015), esta resistência na fibra de juta é dependente da estrutura da fibra, pressão de aderência e derrapagem durante o teste de tensão e taxa de deformação. Ademais, as condições da superfície das fibras de juta nem sempre são idênticas e sendo higroscópica, tende a absorver umidade. Como resultado, a compatibilidade e a aderência entre a fibra de juta e a matriz pode variar, o que contribui para uma menor resistência à tração dos compósitos (JAWAID et al., 2012).

4.3 Análise Fractográfica

Através do aspecto da fratura dos materiais compósitos torna-se possível analisar a resposta ao comportamento mecânico ou solicitação mecânica destes, sendo que a posição das fibras no interior do compósito irá determinar a forma da fratura. As Figuras de 8 a 11 ilustram as fraturas dos corpos de prova com as configurações 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0°.

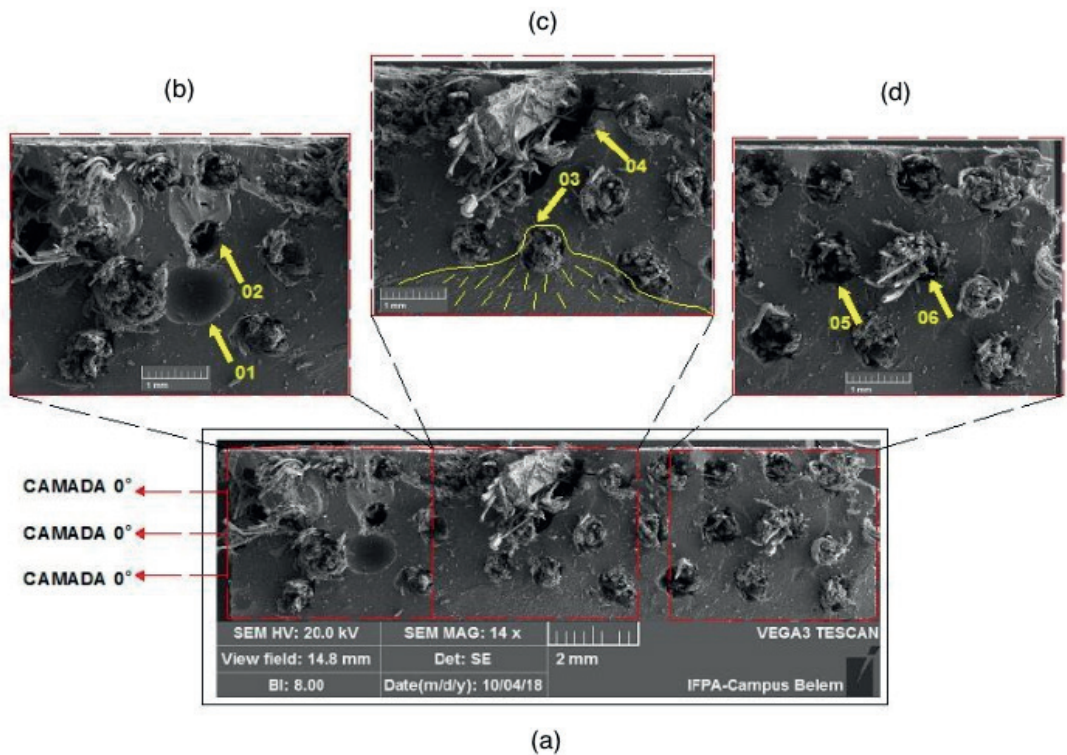


Figura 8: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da fratura do material compósito com a configuração $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$, (a) indicando a falha das fibras contínuas e alinhadas na direção do carregamento e (b), (c) e (d) representam um aumento da região da fratura detalhada.

Os maiores valores de resistência à tração na direção longitudinal também podem ser explicados por suas morfologias de fratura (HOSSAIN et al. 2013). Na Figura 8(a) tem-se a vista geral do corpo de prova do material compósito na configuração $0^{\circ}/0^{\circ}/0^{\circ}$. No detalhe mostrado na Figura 8(b) apresentam-se os vazios devido a presença de porosidades, devido processo de fabricação, estes vazios reduzem a resistência do compósito. Na Figura 8(c), observam-se fibras expostas, as quais sofreram fratura, estas fibras indicam que houve arrancamento (*pull out*). No caso da Figura 8(d) há presença de trincas, além de arrancamento de fibras e ruptura das fibras (*pull out*).

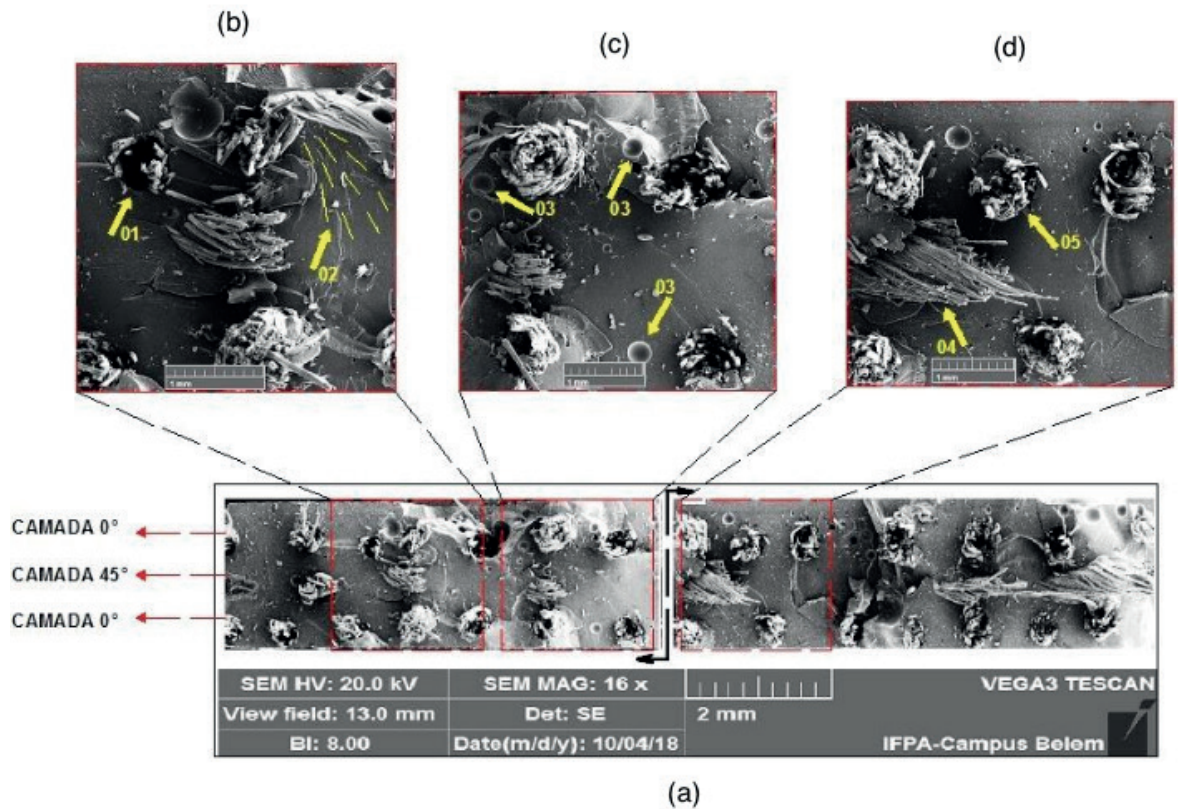


Figura 9: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da fratura do material compósito com a configuração $0^\circ/45^\circ/0^\circ$, (a) indicando a falha das fibras contínuas e alinhadas na direção do carregamento e (b), (c) e (d) representam um aumento da região da fratura detalhada.

Na Figura 9(a) tem-se a vista geral do corpo de prova do material compósito na configuração $0^\circ/45^\circ/0^\circ$. Nas respectivas Figuras 9(b), 9(c) e 9(d), observam-se o que a literatura chama de marcas de praia, região mais esbranquiçada onde ocorrem as maiores tensões, o que evidencia a falha da matriz. Essas marcas de praia estão direcionadas para a fibra de juta evidenciando também a transferência de carga da matriz para a fibra, além das fibras expostas na configuração de 45° , as quais sofreram fratura, estas fibras indicam que houve arrancamento (*pull out*). Observa-se também que há presença de trincas e vazios devido o aparecimento de porosidades, provenientes do processo de fabricação, e vazios devido ao arrancamento de fibras e conseqüentemente estes reduzem a resistência do material compósito.

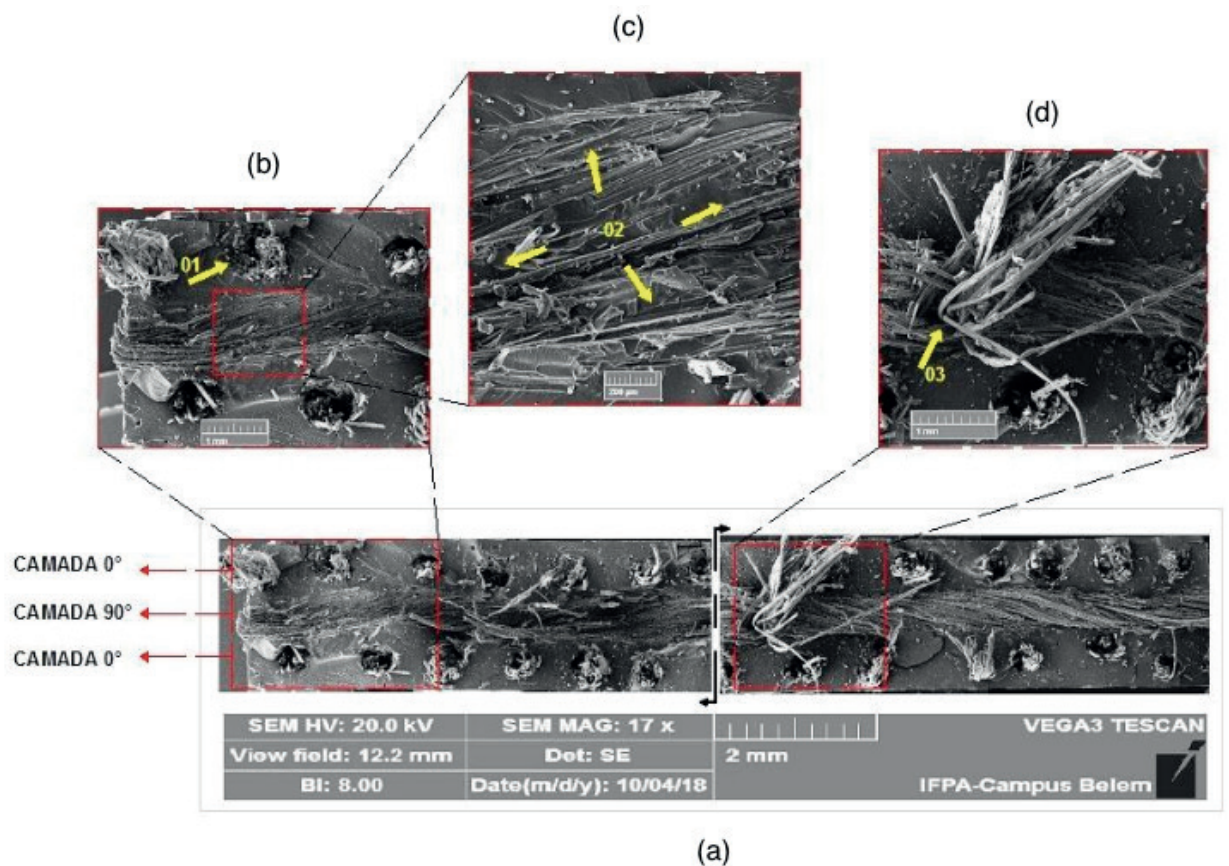


Figura 10: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da fratura do material compósito com a configuração $0^\circ/90^\circ/0^\circ$, (a) indicando a falha das fibras contínuas e alinhadas na direção do carregamento e (b), (c) e (d) representam um aumento da região da fratura detalhada.

Na Figura 10(a) tem-se o corpo de prova do material compósito na configuração de $0^\circ/90^\circ/0^\circ$, no qual também se observa fratura transversal e plana. No detalhe da Figura 10(b) é mostrado o descolamento da matriz/fibras de juta na direção de 90° . Essa orientação está agindo como facilitadora de iniciação e propagação de trincas, devido à baixa adesão interfacial entre matriz/fibras, além da presença de marcas de praia. Na Figura 10(c) a marcação deixada pela fibra na matriz após descolamento da mesma. No detalhe da Figura 10(d) observamos o processo de fibrilação da fibra de juta, as mesmas foram rompidas, o que evidencia que o mecanismo de falha deste compósito também foi por rompimento das fibras. Há a presença de fibras expostas que indicam que houve arrancamento (*pull out*) e os vazios deixados resultante deste processo.

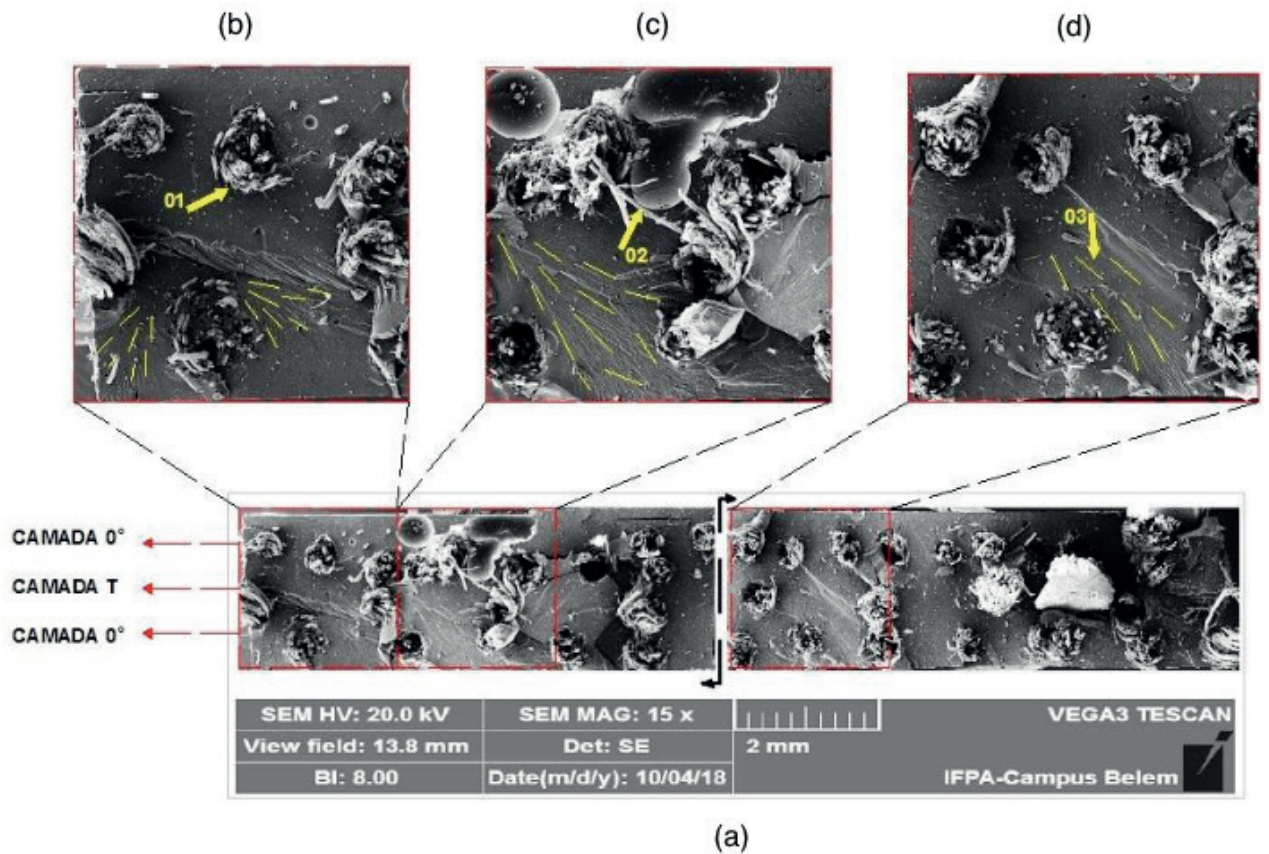


Figura 11: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da fratura do material compósito com a configuração $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$, (a) indicando a falha das fibras contínuas e alinhadas na direção do carregamento e (b), (c) e (d) representam um aumento da região da fratura detalhada.

Na Figura 11(a) tem-se o corpo de prova do material compósito na configuração de $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$, nas respectivas Figuras 11(b), 11(c) e 11(d), observam-se também marcas de praia, o que evidencia a falha da matriz. Observa-se que estas marcas de praia estão direcionadas para a fibra de juta, evidenciando também a transferência de carga da matriz para a fibra. Verifica-se também a presença de vazios gerados pelo processo de fabricação que têm aspectos característicos de seção circular, além de vazios que resultam de arrancamentos de fibras e geralmente não apresentam uma seção regular devido à geometria das fibras.

5 | CONCLUSÃO

Os compósitos de matriz poliéster com diferentes configurações dos laminados de fios de juta, de modo geral, tendem a apresentar maiores valores de resistência à tração com o alinhamento dos fios na direção do sentido de aplicação do esforço de tração, isto é, quando os fios estão orientados na direção longitudinal. Assim, para os materiais compósitos com as configurações $0^\circ/0^\circ/0^\circ$, $0^\circ/45^\circ/0^\circ$, $0^\circ/90^\circ/0^\circ$, $0^\circ/\text{Tecido}/0^\circ$ o que apresentou maior resistência à tração foi o $0^\circ/0^\circ/0^\circ$. Os materiais compósitos com as disposições das fibras fora da direção do carregamento de tração tendem a deformar-se tanto por cisalhamento como por tração. No entanto, no caso

da orientação dos fios de juta da lâmina central na direção transversal, pode ocorrer aumento na rigidez do material, sendo esta maior no compósito 0°/Tecido/0°, devido possivelmente à maior incorporação de fios de juta no material, pois possuem maior rigidez que a matriz.

Com relação aos aspectos fractográficos, os compósitos com as configurações 0°/0°/0°, 0°/45°/0°, 0°/90°/0° e 0°/Tecido/0° apresentaram fraturas transversais e planas, com fibras expostas e possibilidade de arrancamento (*pull out*) dos fios de juta. A propagação das trincas pode ter ocorrido na direção dos fios perpendiculares à carga, para os fios orientados à 90° na configuração 0°/90°/0° e no tecido. Outros mecanismos de falha presentes são as marcas de praia destacando que ocorreu a transferência de carga da matriz para a fibra, além dos vazios provocados pelo processo de fabricação.

6 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Pará Campus Belém e ao apoio financeiro da CAPES, CNPq e Pró Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará.

REFERÊNCIAS

- ALVES, C. et al. Ecodesign of automotive components making use of natural jute fiber composites. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 18, n. 4, p. 313-327, mar. 2010.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D3039/D3039M**: Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials. 2014.
- BAVAN, D. S.; KUMAR, G. C. M. Potential use of natural fiber composite materials in India. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, Índia, v. 29, n. 24, p. 3600-3613, set. 2010.
- CAVALCANTE, J. M. de F.; CARVALHO, L. H. Estudo comparativo das propriedades mecânicas de compósitos pp/fios alinhados e contínuos de juta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 10°. 2009. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: 2009. p. 1-10. v. 1.
- CAVALCANTE, J. M. de F. **Desenvolvimento de um processo para a incorporação de fios de juta em matriz termoplástica e caracterização dos compósitos**. 2008. 172f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Universidade Federal de Campina Grande. Paraíba, 2008.
- DHAKAL, B. **A Study on The Effect of Fiber Loading and Orientation on Mechanical Behaviour of Jute Fiber Reinforced Epoxy Composites**. 2013. 31f. Thesis for (Bachelor of Technology in Mechanical Engineering) - Department of Mechanical Engineering National Institute of Technology. Rourkela, 2013.
- DHAKAL, H. N., et al. Effect of basalt fiber hybridisation on post-impact mechanical behaviour of hemp fiber reinforced composites. **Composites Part A, applied science and manufacturing**, v. 75, p. 54-67, ago. 2015.
- GUPTA, M. K., SRIVASTAVA, R. K., BISARIA, H. Potential of Jute Fibre Reinforced Polymer Composites: A Review. **International Journal of Fiber and Textile Research**, v. 5, n. 3, p. 30-38,

ago. 2015.

HILLIG, É. et al. Caracterização de compósitos produzidos com polietileno de alta densidade (hdpe) e serragem da indústria moveleira – parte II – extrusão em dupla-rosca. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 335-347, abr-jun. 2011.

HO, M. P., et al. Critical factors on manufacturing processes of natural fiber composites. **Composites Part B, Engineering**, v. 43, n. 8, p. 3549-3562, dez. 2012.

HOSSAIN, M. R. et al. Effect of Fiber Orientation on the Tensile Properties of Jute Epoxy Laminated Composite. **Journal of Scientific Research**, v. 5, n. 1, p. 43-54, 2013.

JAWAID, M. et al. Effect of jute fibre loading on the mechanical and thermal properties of oil palm–epoxy composites. **Journal of Composite Materials**, v. 47, n. 13, p. 1633-1641, jun. 2012.

MARINUCCI, G. **Materiais compósitos poliméricos: Fundamentos e tecnologia**. São Paulo, Editora Artliber, 2011. 333p.

MERLINI, C. **Análise experimental de compósitos de poliuretano derivado de óleo de mamona e fibras de bananeira**. 2011. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2011.

MSALLEM, Y. A. et al. Material characterization and residual stresses simulation during the manufacturing process of epoxy matrix composites. **Composites Part A, applied science and manufacturing**, v. 41, n. 1, p. 108-115, jan. 2010.

PIRES, E. N. et al. Efeito do tratamento alcalino de fibras de juta no comportamento mecânico de compósitos de matriz epóxi. **Polímeros. Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 22, n. 4, p.339-344, ago. 2012.

RODRIGUES, J. da S. **Comportamento mecânico de material compósito de matriz poliéster reforçado por sistema híbrido fibras naturais e resíduos da indústria Madeireira**. 2008. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia: Materiais e processos de Fabricação) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

RODRIGUES, J. S; SOUZA, J. A. ; FUJIYAMA, R. T. Compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais da Amazônia fabricados por infusão. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 946-960, jun. 2015.

SANCHEZ, E. M. S. et al.. Compósito de Resina de Poliéster Insaturado com Bagaço de Cana de Açúcar: Influência do Tratamento das Fibras nas Propriedades. **Polímeros. Ciência e Tecnologia**, [s.l], v. 20, n.3, p.194, fev. 2010.

SANJAY, M.R., ARPITHA, G. R., YOGESHA, B. Study on Mechanical Properties of Natural-Glass Fibre Reinforced Polymer Hybrid Composites: A Review. **Materials Today, Proceedings**, v. 2, n. 4-5, p. 2959-2967, jul. 2015.

SANTOS, S. S.; SILVA, G. F.; CASTRO, D. F. Utilização de fibras do mesocarpo e caroço do açaí como componente de misturas areia/asfalto para a pavimentação na cidade de Manaus/AM. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, Viçosa, v. 3, n. 04, p. 627-633, jul. 2017.

SATHISHKUMAR, T. P., NAVANEETHAKRISHNAN, P., SHANKAR, S. Tensile and flexural properties of snake grass natural fiber reinforced isophthallic polyester composites. **Composites Science and Technology**, v. 72, n. 10, p. 1183-1190, jun. 2012.

SILVA, A. T.; FONTES, R. S.; BATISTA, A. C. M. C. **Propriedades mecânicas em compósitos poliméricos reforçados com fibra de Juta**. I Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão do Campus

Caraúbas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2014.

VAISANEN, T., DAS, O., TOMPPONEN, L. A review on new bio-based constituents for natural fiber-polymer composites. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, p. 582-596, abr. 2017.

VEIGA, N. A., **Comportamento à fratura em modo I de compósitos de matriz polimérica, reforçados com fibras de juta**. 2014. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS- Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratamentos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acessibilidade 10, 11, 20, 21, 22, 186
Amazônia 141, 142, 143, 150, 207, 208, 246, 261
Amido de mandioca 1, 2, 3, 4, 9
Análise sensorial 45, 46, 56

B

Bioacessibilidade 164, 165, 166, 168, 172, 173
Biofilmes 4
Biomateriais 92
Biorremediação 114, 116, 117, 123, 125, 126, 128

C

Carbeto de boro 129, 130, 131, 132, 140
Carbono cristalizado 114

D

Dejetos de suínos 112

G

Gamificação 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 191, 194, 195
Geometria 34, 118, 134, 218, 219, 220, 221, 222, 224, 225, 248, 259, 271, 390

H

Homologia simplicial 239

I

Inteligências múltiplas 188, 190, 191, 192, 193, 197, 198, 199, 200

M

Matrizes 2, 129, 136, 138, 139, 247, 369
Mineração 76, 80, 125, 197, 209, 211, 216, 217

N

Nanopartículas 90, 91, 92, 93, 95, 98, 99, 100, 114, 116, 123, 125, 126

O

Óleo de copaíba 201, 203, 204, 207

P

Paralisia facial 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367

Pegmatito 23, 24, 25, 31, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77

Pensamento computacional 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 66, 67, 68, 195

Q

Qualidade do ar 78, 79, 80, 81, 87, 88

R

Reciclagem 3, 52, 294, 297, 298, 300, 302, 388, 389, 399

Robótica 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 199, 279, 282, 284, 285, 287, 288, 289, 291

S

SAP 2000 33, 34, 40

Sistemas lineares 368, 369, 373, 374, 377

T

Tecnologias Digitais 153, 154, 155, 156, 157, 161, 162, 163, 195, 287

V

Variabilidade climática 142

W

Website 175, 176, 181, 183

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-642-3

