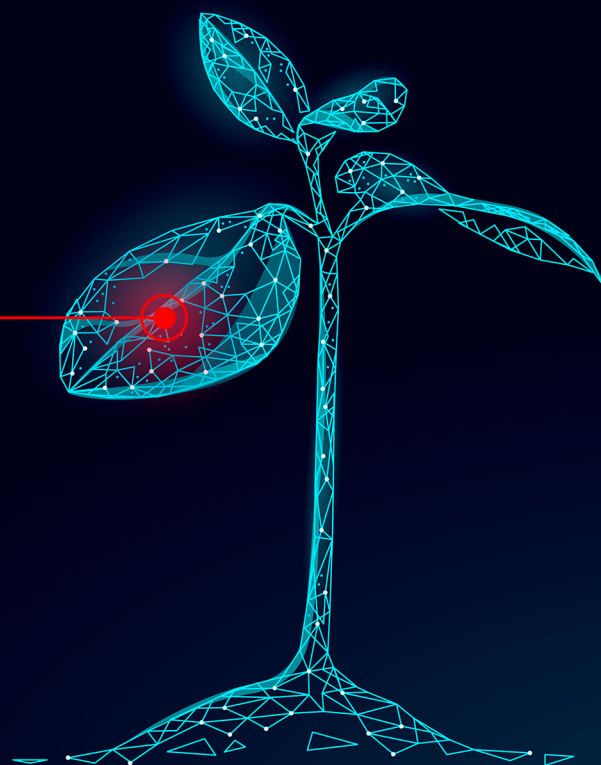


# Ciência e Engenharia de Materiais e o Desenvolvimento Socioambiental



Henrique Ajuz Holzmann  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia  
(Organizadores)

# Ciência e Engenharia de Materiais e o Desenvolvimento Socioambiental



Henrique Ajuz Holzmann  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia  
(Organizadores)

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Geraldo Alves  
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**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobom – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
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. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª 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 Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
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  
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  
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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
C569	<p>Ciência e engenharia de materiais e o desenvolvimento socioambiental [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Ricardo Vinicius Bubna Biscaia. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-848-9 DOI 10.22533/at.ed.489191912</p> <p>1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Materiais – Análise. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Biscaia, Vinicius Bubna.</p> <p style="text-align: right;">CDD 620.11299</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

## APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais, vem cada vez mais ganhando espaço nos estudos das grandes empresas e de pesquisadores. Esse aumento no interesse se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral.

Neste contexto o tema socioambiental pode ser inserido, visto que devido à redução nas disponibilidades de matérias primas, a elevação de custos de descarte dos materiais, sua reciclagem vem ganhando cada vez mais destaque a nível mundial. Hoje optar por produtos reciclados bem como sustentáveis se torna uma vitrine as vendas.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de materiais e de sustentabilidade, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas técnicas e econômicas. Pode-se dizer que a área de reciclagem está intimamente ligada ao estudo dos materiais, para que possam ser desenvolvidas técnicas e processos para um eficiente aproveitamento.

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.

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>ESTUDO DA ADIÇÃO DE ADITIVOS NÃO CONVENCIONAIS NA PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS</b>	
Antonio Dias de Lima Terceiro Neto Daniel Baracuy da Cunha Campos Francisco Humberlânio Tavares de Araújo Júlio Lopes da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4891919121</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>12</b>
<b>ESTUDO DA INFLUÊNCIA NA CONCENTRAÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO NO CONCRETO DE ALTA RESISTÊNCIA</b>	
Wendel Melo Prudêncio de Araújo Thays Mabelly Bezerra e Silva Kássia Hellen Souza de Oliveira João Marcos Lima Veras Joaquim Lucas de Souza Paixão João Emmanuel Alves Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4891919122</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
<b>TIJOLO PRODUZIDO POR COMPÓSITO DE EXOCARPO DE LICURI FRAGMENTADO</b>	
Bárbara Jane Martins Borges Rafael Santos de Sousa Silva Rúi Carlos de Sousa Mota	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4891919123</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>31</b>
<b>PRODUÇÃO DE AGREGADOS UTILIZANDO LAMA VERMELHA: O ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM</b>	
Bruno Marques Viegas Edílson Marques Magalhães Julia Alves Rodrigues Josiel Lobato Ferreira Diego Cardoso Estumano José Antônio da Silva Souza Emanuel Negrão Macêdo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4891919124</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>39</b>
<b>ANÁLISE DO COMPORTAMENTO FÍSICO E MECÂNICO DO RESÍDUO DE FELDSPATO COMO MATERIAL PARA CAMADAS DOS PAVIMENTOS</b>	
Jonatas Kennedy Silva de Medeiros Larissa Santana Batista Giovanna Feitosa de Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4891919125</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 52**

**FÔRMAS: UTILIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DE FÔRMAS REVESTIDAS COM POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEDB - SACOLAS PLÁSTICAS)**

Lucas Prestes Chize  
Léo Jaime de Amorim e Silva  
Aída Pereira Baêta  
Flávia da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.4891919126**

**CAPÍTULO 7 ..... 61**

**OBTENÇÃO DE UM COPO MAIS SUSTENTÁVEL: PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FIBRAS NATURAIS E DE BIOCÓMPÓSITOS**

Emília Satoshi Miyamaru Seo  
Nicolle Silva da Silva  
Isabella Tereza Ferro Barbosa  
Alessandro Augusto Rogick Athiê  
Adriano Camargo de Luca

**DOI 10.22533/at.ed.4891919127**

**CAPÍTULO 8 ..... 74**

**CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E RESISTÊNCIA À CHAMA DE CÓMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE LAMA VERMELHA E CAULIM**

Mario Henrique Moreira de Moraes  
Diogo Pontes de Queiroz  
Luiz Gabriel da Silva Nascimento  
José Antônio Silva Souza  
Roberto Tetsuo Fujiyama  
Deibson Silva da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.4891919128**

**CAPÍTULO 9 ..... 85**

**DISPERSÃO DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA SOBRE PÓ POLIMÉRICO PARA PRODUÇÃO DE FILME PLÁSTICO**

Lucas Matono Casagrande  
Paulo Henrique Chulis  
Fabrício Antônio Moreno Zanetelli  
Márcia Silva de Araújo  
José Alberto Cerri

**DOI 10.22533/at.ed.4891919129**

**CAPÍTULO 10 ..... 99**

**INFLUENCE OF LIGNIN CONTENT IN MACADAMIA NUTSHELL ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF HDPE BIOCÓMPÓSITOS**

Bruno Chaboli Gambarato  
Heitor Buzetti Simões Bento  
Ana Karine Furtado de Carvalho

**DOI 10.22533/at.ed.48919191210**

**CAPÍTULO 11 ..... 104**

**MÉTODOS DE SÍNTESE DAS NANOESTRUTURAS A BASE DE TITÂNIO**

Jardel Meneses Rocha

Reinaldo Nascimento Morais  
Fernando Pereira Lima  
Tiago Linus Silva Coelho  
Patrícia Santos Andrade  
Angélica de Brito Sousa  
Juracir Francisco de Brito  
José Milton Elias de Matos

**DOI 10.22533/at.ed.48919191211**

**CAPÍTULO 12 ..... 113**

**APLICAÇÕES DAS NANOESTRUTURAS A BASE DE TITÂNIO**

Jardel Meneses Rocha  
Reinaldo Nascimento Morais  
Fernando Pereira Lima  
Tiago Linus Silva Coelho  
Patrícia Santos Andrade  
Angélica de Brito Sousa  
Juracir Francisco de Brito  
José Milton Elias de Matos

**DOI 10.22533/at.ed.48919191212**

**CAPÍTULO 13 ..... 122**

**CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, MECÂNICA E DA FRATURA DE TRILHOS PERLÍTICOS**

Beatriz Seabra Melo  
Vinicius Silva dos Reis  
Clóvis Iarlande Oliveira Santana  
Carlos Vinicius de Paes Santos  
Gregory de Oliveira Miranda  
Andrey Coelho das Neves  
José Maria do Vale Quaresma

**DOI 10.22533/at.ed.48919191213**

**CAPÍTULO 14 ..... 135**

**ANÁLISE DOS EFEITOS DA CORROSÃO EM ELETRODO DE ATERRAMENTO ELÉTRICO COBREADO**

Walter Leandro Cordeiro da Silva Filho  
Magda Rosângela Santos Vieira  
Ivanilda Ramos de Melo  
Roseana Florentino da Costa Pereira  
Severino Leopoldino Urtiga Filho

**DOI 10.22533/at.ed.48919191214**

**CAPÍTULO 15 ..... 145**

**INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DOS GASES DE PROTEÇÃO E PARÂMETROS DE SOLDAGEM NA MICROESTRUTURA E MICRODUREZA DO AÇO SAE 1035 SOLDADO POR PROCESSO MAG**

Perla Alves de Oliveira  
Thiago Monteiro Maquiné  
Marcia Cristina Gomes de Araújo Lima  
José Costa de Macêdo Neto  
Suelem de Jesus Pessoa  
Efraim Ribas Linhares Bruno



Anne Gabrielle Mendes Xavier  
Josiel Bruno de Oliveira  
**DOI 10.22533/at.ed.48919191215**

**CAPÍTULO 16 ..... 155**

A RELAÇÃO ENTRE A LOGÍSTICA REVERSA E O *TRIPLE BOTTOM LINE* EM COOPERATIVAS DE RECICLAGEM

Alequexandre Galvez de Andrade  
Nélio Fernando dos Reis  
Jair Minoro Abe

**DOI 10.22533/at.ed.48919191216**

**CAPÍTULO 17 ..... 165**

A UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO E O SUBSÍDIO CRUZADO: CRÍTICA À PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DAS DIRETRIZES NACIONAIS

Joel de Jesus Macedo  
Leura Lucia Conte de Oliveira  
Marcus Venicio Cavassin

**DOI 10.22533/at.ed.48919191217**

**SOBRE OS ORGANIZADORES..... 185**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 186**

## OBTENÇÃO DE UM COPO MAIS SUSTENTÁVEL: PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FIBRAS NATURAIS E DE BIOCAMPÓSITOS

Data de aceite: 18/11/2019

### **Emília Satoshi Miyamaru Seo**

Centro Universitário Senac – Grupo de Pesquisa em Sustentabilidade. São Paulo – São Paulo

### **Nicolle Silva da Silva**

Centro Universitário Senac – Grupo de Pesquisa em Sustentabilidade. São Paulo – São Paulo

### **Isabella Tereza Ferro Barbosa**

Centro Universitário Senac – Grupo de Pesquisa em Sustentabilidade. São Paulo – São Paulo

### **Alessandro Augusto Rogick Athiê**

Centro Universitário Senac – Grupo de Pesquisa em Sustentabilidade. São Paulo – São Paulo

### **Adriano Camargo de Luca**

Centro Universitário Senac – Grupo de Pesquisa em Sustentabilidade. São Paulo – São Paulo

**RESUMO:** O presente trabalho tem como objetivo contribuir apresentando tanto as características de fibras naturais de cana-de-açúcar e de coco verde, como avaliar a resistência à compressão dos biocompósitos. No processo de mercerização foram testadas as concentrações de hidróxido de sódio e na fabricação de copos de polietileno, foram adicionadas fibras com concentrações de 3%, 5% e 7% em massa. Na fabricação de copos por processo de injeção foram adicionadas fibras como reforço do polímero de alta

densidade. As fibras naturais foram tratadas por processo de mercerização e caracterizadas por meio das técnicas de picnometria por gás hélio, fluorescência por raios X, análise termogravimétrica e microscopia eletrônica de varredura, evidenciado que o processo é adequado para obtenção de fibras sem a presença de celulose ou hemicelulose. Verificou-se que as fibras naturais com concentrações de 5% em massa apresentaram maiores resistência a tração.

**PALAVRAS-CHAVE:** fibras de cana-de-açúcar, fibras de côco verde, compósito, mercerização.

### **OBTAINING A MORE SUSTAINABLE CUP: PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF NATURAL FIBERS AND BIOCAMPÓSITS**

**ABSTRACT:** The present article aims to contribute by presenting both the characteristics of natural fibers of sugarcane and green coconut, and to evaluate the compressive strength of the biocomposites. In the mercerization process, the concentrations of sodium hydroxide were tested and in the manufacture of polyethylene cups, fibers with concentrations of 3%, 5% and 7% by mass were added. In the manufacture of glasses by injection process fibers were added as a reinforcement of the high density polymer. The natural fibers were treated by

mercerization process and characterized by the techniques of helium gas picnometry, X - ray fluorescence, thermogravimetric analysis and scanning electron microscopy, evidencing that the process is suitable to obtain fibers without the presence of cellulose or hemicellulose. It was found that natural fibers with concentrations of 5% by mass presented higher tensile strength.

**KEYWORDS:** sugarcane fibers, green coconut fibers, composite, mercerization.

## 1 | INTRODUÇÃO

A importância de soluções para os problemas ambientais faz cada vez mais parte da preocupação e interesse não só das pessoas, mas principalmente de setores industriais e agrícolas. Neste sentido, os resíduos gerados por meio de suas atividades têm imenso potencial de danos ambientais e se não houver união nas buscas por soluções e reduções dessas atividades, os problemas referentes ao meio ambiente se tornarão cada vez maiores.

Um dos segmentos mais importantes da economia brasileira é a agroindústria, tanto no desempenho exportar do Brasil como no abastecimento interno. Normalmente situadas próximas a centros urbanos, as agroindústrias produzem consideráveis quantidades de resíduos líquidos e sólidos, desde as primeiras etapas dos processos de produção, como extração de matéria-prima, até a finalização do ciclo. Estes resíduos são estocados próximos às próprias áreas de produção, sem nenhum destino final definido, o que pode causar problemas ambientais e sanitários ou são dispostos em aterros sanitários, o que reduz a sua vida útil (LEUCENA, CHERNICHARO, 2005).

Para o Straus e Menezes (1993), o aumento da produção de resíduos pode ser mitigado fazendo a redução, reciclagem e reaproveitamento dos mesmos, tendo como objetivo a recuperação de energia e também de matéria.

Já os autores Gioffoni e Lange (2005), destacam que a reciclagem ou reutilização dos resíduos representam alternativas capazes de contribuir para a utilização de matérias-primas alternativas, preservação do meio ambiente e também diminuição de alguns custos dos setores industriais.

Assim sendo, governo, indústria, sociedade civil, institutos de pesquisa e áreas acadêmicas se deparam obrigados a buscarem juntos por soluções cada vez mais eficientes e eficazes para tornar melhor a relação entre o meio ambiente e os setores produtivo, devido à crescente preocupação com a escassez de recursos naturais, e faz-se necessária a introdução desta preocupação em diversos segmentos das cadeias produtivas. Neste contexto, Kiperstok (2000) reforça que além de abrir incontáveis oportunidades de negócios, o entendimento desta realidade passa a ser um fator de bastante competitivo entre empresas e países.

O setor de agroindústria no Brasil gera por volta de 5,9% do Produto Interno Bruto (PIB), o mesmo é responsável por transformar matérias primas originárias da agricultura e agropecuária em produtos que são comercializados em todo o Brasil e no mundo. Um diagnóstico preliminar realizado pelo Ministério no Meio Ambiente (MMA), mostra o resumo de produção total, os resíduos, efluentes e potencial energético gerados no ano de 2009 pelo setor agroindustrial associado à agricultura, como apresentado na Tabela I.

Setor	Produto	Produção total	Resíduos	Efluentes	Potencial
Agroindústria associada à agricultura	Culturas	Produção industrializada (t)	Total de Resíduos (t/ano)	Efluentes (m <sup>3</sup> /ano)	Potencial Energético (MW/ano)
	Soja	57.345.382	41.862.129	0	3.422
	Milho	50.745.996	29.432.678	0	2.406
	Cana-de-açúcar (bagaço e torta de filtro)	671.394.957	201.418.487	0	16.464
	Cana-de-açúcar (vinhaça)		-	604.255.461	-
	Feijão	3.486.763	1.847.984	0	143
	Arroz	12.651.774	2.530.355	0	175
	Trigo	5.055.525	3.033.315	0	238
	Mandioca	23.786.281	0	0	-
	Café	2.440.057	1.220.029	0	97
	Cacau	218.487	83.025	0	7
	Banana	199.282	99.640	0	-
	Laranja	16.944.529	8.825.276	0	-
	Coco-da-baía	675.012	405.009	0	39
	Castanha de caju	110.253	80.484	0	8

Tabela I - Culturas produzidas, industrializadas; resíduos, efluentes e potencial energético gerados no ano de 2009 pelo setor agroindustrial associado à agricultura.

Fonte: MMA, 2011

Investigações por novas tecnologias, melhorias de desempenhos sociais, econômicos, ambientais, técnicos e inovações para fabricação de novos materiais a partir de fibras naturais se tornaram frequentes nestas últimas décadas. E, dentre estes novos materiais, os compósitos poliméricos reforçados com fibras naturais,

vem sendo o foco de estudo, desenvolvimento e interesse das indústrias (LEÃO, 1998, KIM e PAL, 2011). As fibras naturais vêm sendo bastante utilizadas devido ao baixo custo, baixa densidade, não abrasividade, não-toxicidade facilidade de modificação por agentes químicos, bem como o fato de ser gerada a partir de fontes renováveis (JOSEPH, MEDEIROS e CARVALHO, 1999).

A importância deste trabalho se justifica sobre a realização de estudos aprimorados quanto à reciclagem e descarte de bagaço de cana-de-açúcar e de côco verde, estudos sobre suas propriedades químicas, físicas, mecânicas, para contribuição no desenvolvimento de compósitos poliméricos para fabricação de um copo mais sustentável.

O Brasil possui recursos naturais em abundância devido à suas condições climáticas favoráveis e solo fértil e, portanto uma grande variedade de fibras naturais é produzida no país, tais como as provenientes da produção de banana, algodão, côco, sisal, cana-de-açúcar, piaçava, buriti, abacaxi, curauá, entre outras (ARAÚJO, 2009). De acordo com Fernandes (2008), as fibras lignocelulósicas têm sido estudadas pela característica de conferir reforço aos componentes, baixo custo e, geralmente ser provenientes de reaproveitamento. O comportamento mecânico das fibras lignocelulósicas é afetado por diversos fatores: proporção de seus componentes (celulose, hemicelulose e lignina), diâmetro da fibra, orientação molecular (ângulo espiral entre fibrilas), proporção de regiões cristalinas e não-cristalinas, morfologia (porosidade e imperfeições), além das condições de plantio (RAZERA, 2006).

A celulose determina a propriedade mecânica da fibra natural, um polisacarídeo semicristalino que confere o caráter hidrofílico das fibras vegetais devido ao grupo hidroxila presente na sua estrutura, acarretando na baixa compatibilidade da fibra com a matriz polimérica hidrofóbica, além da tendência a formar agregados durante o processamento e uma baixa resistência à umidade reduzindo as propriedades mecânicas em geral, o grupo hidroxila é responsável pelo empacotamento cristalino e as propriedades físicas de celulose (JOHN e THOMAS, 2008; SPINACE, 2009; TOMCZAK, 2010, ALAMRI e LOW, 2012).

Face as considerações apresentadas, o objetivo deste trabalho é contribuir apresentando tanto as características de fibras naturais de cana-de-açúcar e de côco verde, como avaliar a resistência à compressão e a tração dos copos fabricados a base de biocompósito, mistura de polietileno e fibra natural.

## **2 | MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Materiais**

Neste estudo foram utilizadas como matérias primas bagaço da cana-de-açúcar

e de coco verde, conforme apresentadas na figura 1 (a, b).

A matriz foi o polietileno de alta densidade verde (PEAD 4950 SGF) fornecida pela empresa Braskem S/A (Brasil). Principais características da matriz a ser utilizada na presente pesquisa são apresentadas por Braskem (2013). O polímero é 100% feito a partir de etanol renovável da cana-de-açúcar.



(a)



(b)

Figura 1 – Matérias primas utilizadas no presente estudo: bagaço de cana-de-açúcar seco (a) e coco verde seco (b)

## 2.2 Preparação de fibras e particulados

Inicialmente, as matérias primas foram secas em estufa a  $\sim 60^\circ\text{C}$  e na sequência, o bagaço de cana-de-açúcar seco e o coco verde seco foram triturados em moinho de facas da marca RONE modelo RA 1553 (figura 2).

O bagaço de cana-de-açúcar e coco triturados foram submetidos a classificação granulométrica com uso de vibrador de peneiras por 20-30 minutos de peneiramento afim de obter fibras abaixo de 48 malhas Tyler.

Na sequência, as fibras de cana-de-açúcar e de coco foram submetidas ao processo de mercerização, utilizando o JarTest da marca Nova Ética, conforme apresentado na figura 3. O procedimento de mercerização foi desenvolvido para as três variações de concentração de NaOH (3%, 5% e 7% em massa).

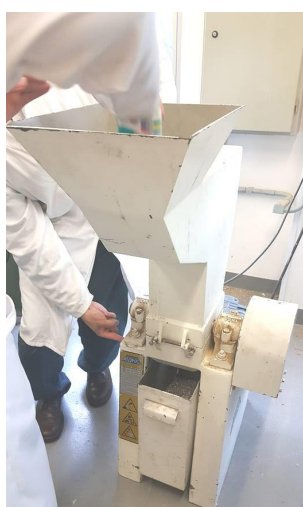


Figura 2 – Triturador utilizado para moagem do bagaço de cana-de-açúcar e do coco verde

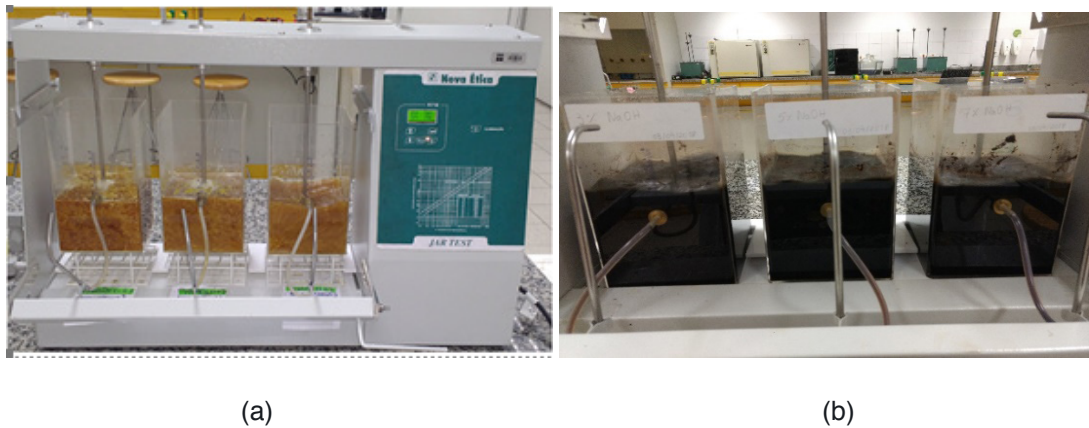


Figura 3 – Jar Test utilizado no processo de mercerização: bagaço de cana-de-açúcar (a) e coco (b).

Attingido as condições otimizadas de extração da polpa, as fibras foram lavadas em água corrente e friccionadas em uma peneira para limpeza e remoção do excesso de polpa de bagaço de cana-de-açúcar e também de coco. Em seguida, as duas fibras, separadamente foram submetidas à solução de ácido acético 4 (% v.v.) sob agitação por 1 hora. Em seguida, as duas fibras foram novamente lavadas, separadamente, com água corrente; e por fim, após o processo de mercerização, foram levadas para secagem em estufa a  $60 \pm 2$  °C durante 48 h e classificadas em fibras curtas e particulados.

As fibras tratadas e secas foram caracterizadas quanto à densidade, composição química, estabilidade térmica e aspectos morfológicos, utilizando-se técnicas como picnometria por gás hélio, fluorescência por raios X (FRX), análise termogravimétrica (TGA) e microscopia de varredura eletrônica (MEV), respectivamente.

Após a caracterização e obtenção de fibras necessárias tanto as fibras curtas como particulados foram conduzidos ao processo de injeção. Na etapa de injeção, a matriz de polietileno verde de alta densidade foi misturada com diferentes concentrações de fibras, sendo 0%, 3%, 5% e 7% em massa seja de coco ou de cana-de-açúcar. A matriz da injetora fabricada de alumínio foi para a obtenção de um copo. A mistura de fibra e polietileno foi levada a injetora a uma temperatura de aproximadamente 180° C. Os copos produzidos foram levados para ensaios de compressão e de tração.

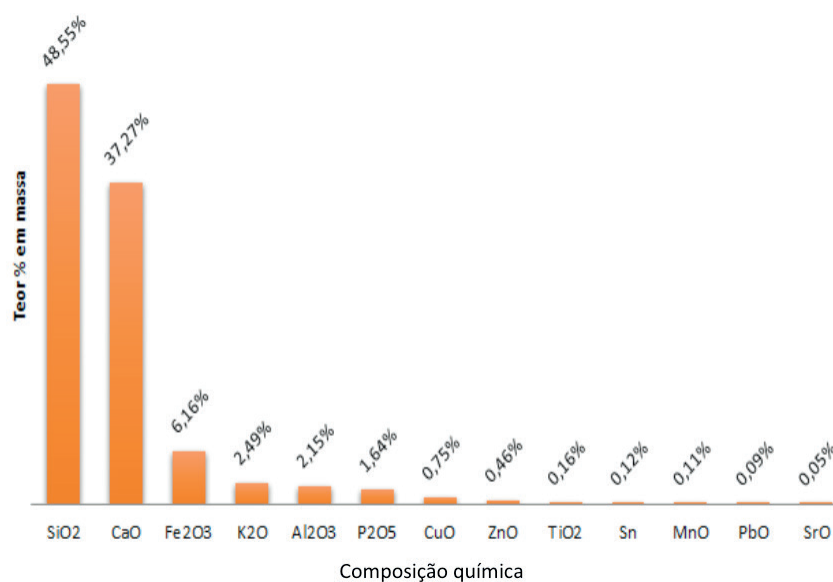
### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação das densidades das fibras vegetais é apresentada na tabela II. As fibras de cana de açúcar e de coco, obtiveram resultados semelhantes, em torno de  $1,6 \text{ g.cm}^{-3}$ , dentro dos parâmetros para fibras vegetais, ou seja, matéria prima de baixa densidade, como esperado.

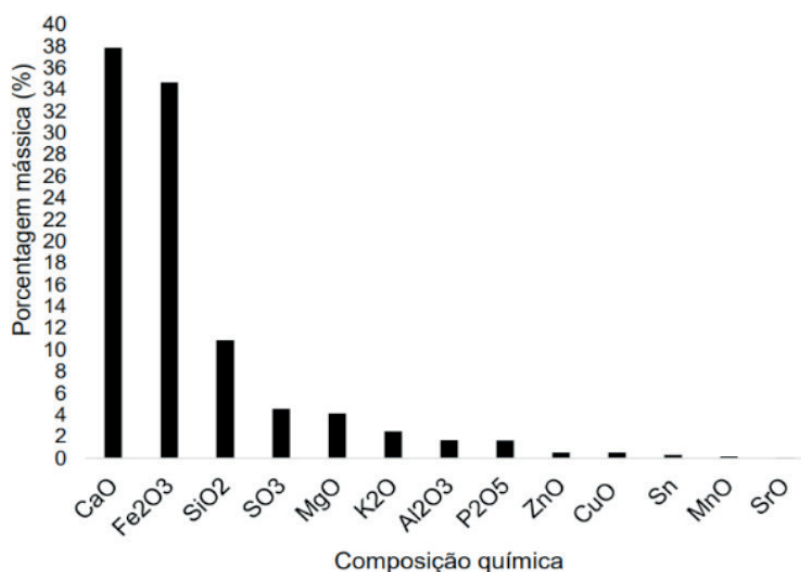
Cana de açúcar (g cm <sup>-3</sup> )	Coco (g cm <sup>-3</sup> )
1,54 (± 0,001)	1,720 (± 0,008)

Tabela II – Densidades das fibras tratadas por mercerização.

Os resultados da composição química das fibras tratadas de cana-de-açúcar e de coco obtidos por FRX estão apresentados na figura 4 (a, b). Observa-se concentrações mássicas de silício (48,55%) e cálcio (37,27%). As demais porcentagens mássicas pertencem à presença de ferro (6,16%), potássio (2,49%), alumínio (2,15%), fósforo (1,64%) e cobre (0,75%) nas fibras de cana-de-açúcar. Na composição química das fibras de coco foi evidenciada maior de óxidos de cálcio, ferro e silício, em menores quantidades, óxidos de magnésio, potássio, zinco, alumínio, fósforo e traços de óxidos de cobre, manganês, estrôncio e estanho elementar.



(a)

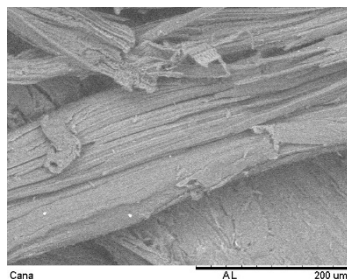


(b)

Figura 4 - Composição química por FRX da fibra de cana-de-açúcar (a) e de coco (b).



A partir das imagens obtidas pelo MEV, as fibras tratadas pelo processo de mercerização, apresentaram microestruturas típicas de fibras vegetais. São constituídas por microfibrilas, microcavidades superficiais, entrâncias e outras peculiaridade (MARINHO, 2012). Entretanto, nota-se que a cobertura da fibra mercerizada foi removida, expondo-a diretamente, como mostram as figuras 5 (a, b) com as de cana-de-açúcar e a figura 6 (a, b) com as de coco.

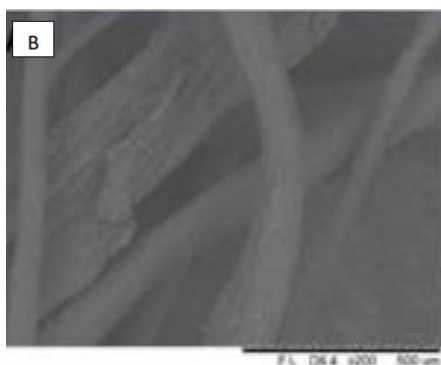


(a)



(b)

Figura 5 – Microscopia eletrônica de varredura das fibras de cana-de-açúcar tratadas por mercerização - 7% NaOH (a) e fibras de cana-de-açúcar secas (b).



(a)

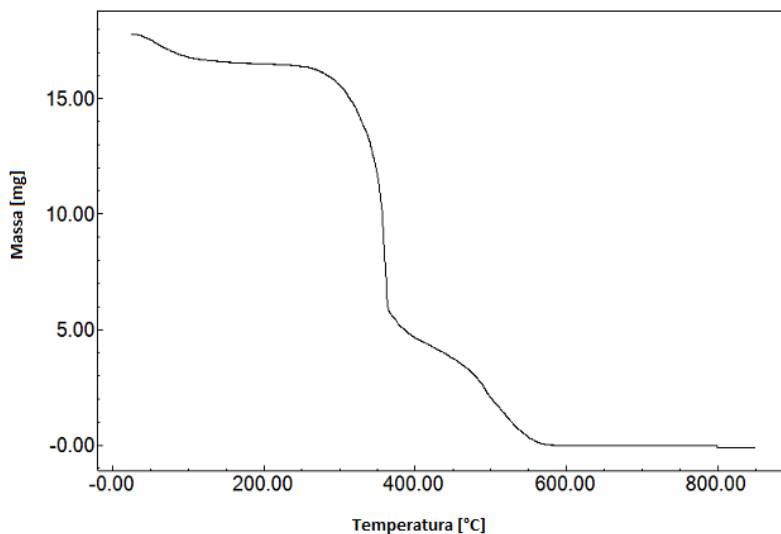


(b)

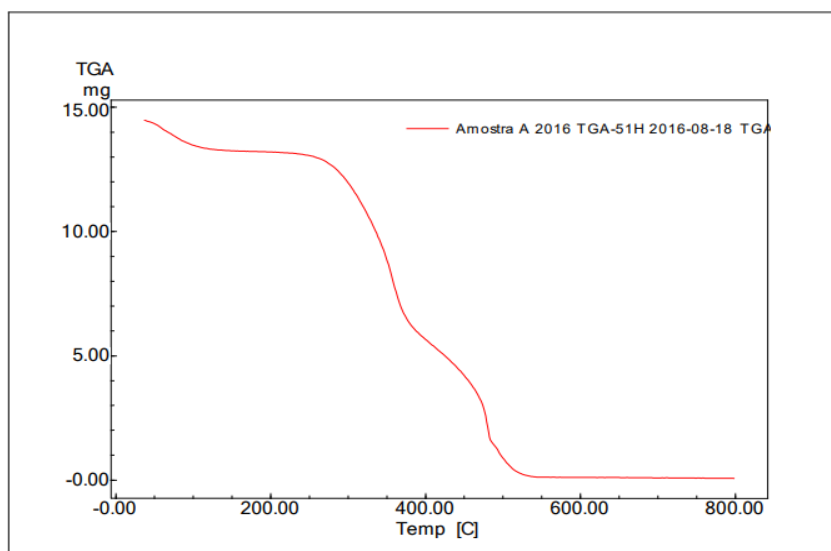
Figura 6 – Microscopia eletrônica de varredura das fibras de coco tratadas por mercerização - 7% NaOH (a) e fibras de coco secas (b).

As curvas de termogravimetria apresentadas nas figuras 7 (a, b), mostram que as fibras estudadas possuem estabilidade térmica até aproximadamente 200°C, quando ocorre o início de termo oxidação, correspondente ao princípio da decomposição de hemiceluloses, seguida da celulose. Vale ressaltar que a perda de massa inicial, se refere à perda de substâncias voláteis e, majoritariamente, umidade contida nas amostras. Para as fibras de cana-de-açúcar, verificou-se que em torno de 350°C observa-se o início do processo de decomposição, envolvendo ligações de lignina, prosseguindo com o aumento de temperatura até ocorrer a perda de massa total de voláteis após a 500°C, estabilizando - a, (figura 7a). As fibras de coco foram analisadas por termogravimetria conforme os resultados apresentados na figura 7b. Entre 0°C a 100°C observa-se liberação de umidade, no intervalo entre 250° C a 400°C a decomposição de celulose e hemicelulose, entre 400°C e 550°C a

degradação associada a lignina e a cima de 550°C a formação de cinzas, ocorrendo a estabilização do material.



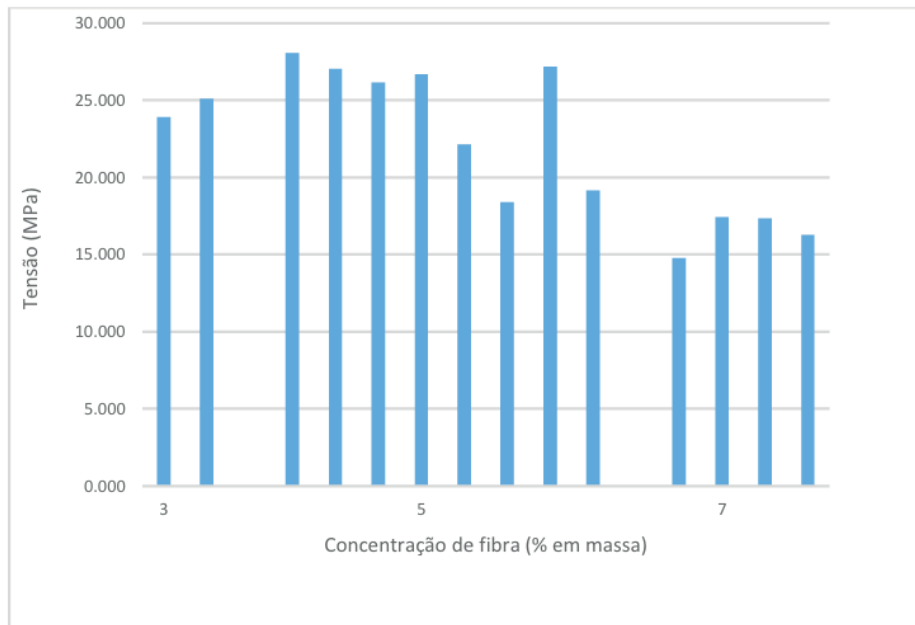
(a)



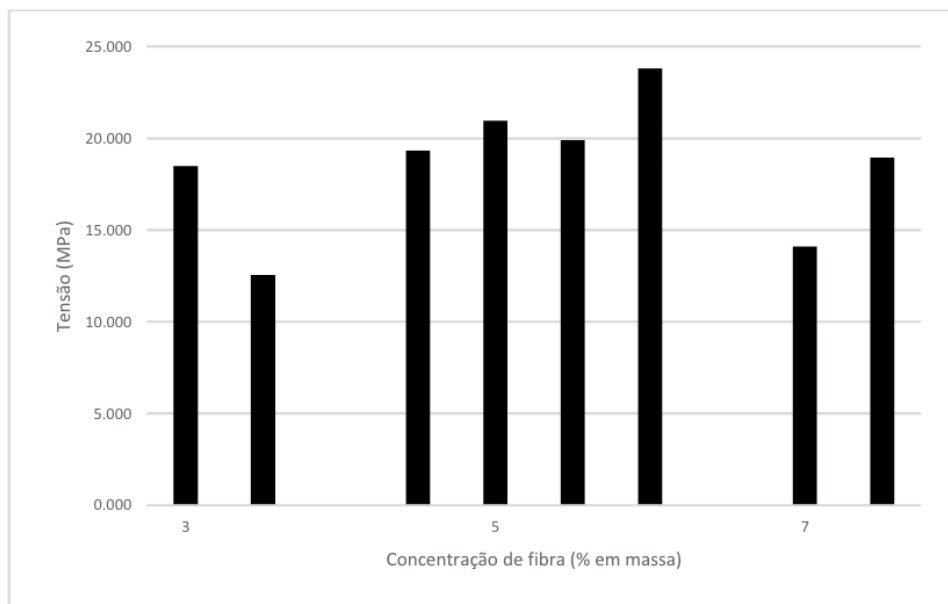
(b)

Figura 7 - Análise termogravimétrica das fibras de cana-de-açúcar (a) e de coco (b).

Nas figuras 8 (a, b) estão apresentados os resultados dos ensaios de tração, cujos mostram que as fibras de 5% em massa de concentração de fibra de cana-de-açúcar (8a) e de coco (8b) apresentaram maiores tensões a tração do biocompósito.



(a)

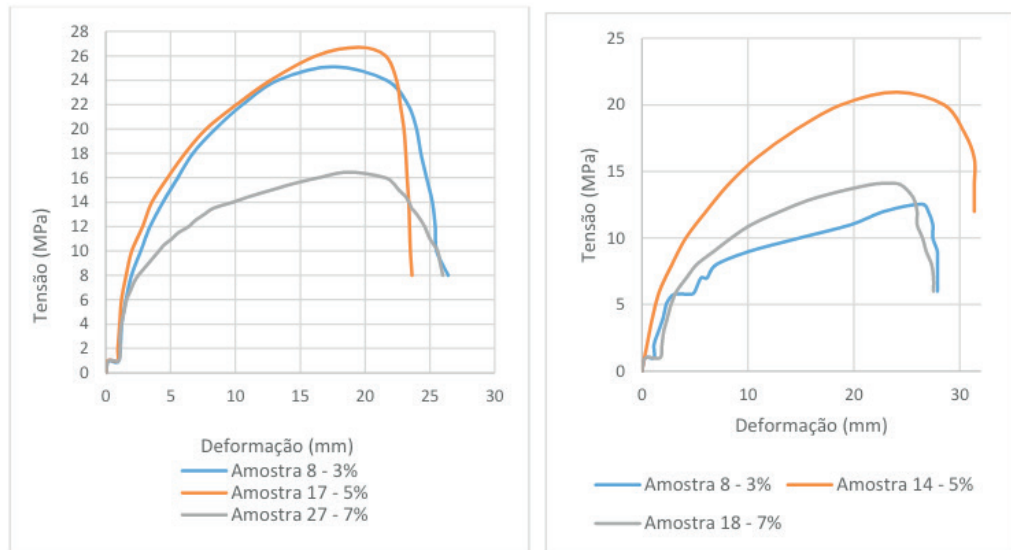


(b)

Figura 8 – Resultados dos ensaios de tração das fibras de cana-de-açúcar (a) e de coco (b).

As Figuras 9 (a, b) mostram as curvas de tensão e deformação, evidenciando que o limite máximo de tensão é em média 24,5 Mpa para com concentrações de 3% e 5% em massa.

A partir dos resultados dos ensaios de tração, realizaram-se ensaios de compressão em copos contendo concentrações de 3% e 5% de fibras de cana-de-açúcar e de coco (tabela III).



(a)

(b)

Figura 9 – Ensaio de tração para copos com fibras de cana-de-açúcar (a) e para copos com fibras de coco (b)

Fibras	Carga máxima (Kgf)	
	3 % em massa	5 % em massa
Cana-de-açúcar	781,200±82,116	792,625±73,873
Coco	925,000±12,832	670,000±00,000

Tabela III – Resultados dos ensaios de compressão

Os copos com concentração de 5% em massa de fibras de cana-de-açúcar apresentaram maiores resistência à ruptura enquanto que para os copos de fibras de coco foram para concentrações de 3% em massa.

#### 4 | CONCLUSÃO

Foi avaliada a técnica de mercerização, obtendo-se um resultado efetivo, pois de acordo com as imagens de MEV, observou-se que a cobertura da fibra tratada foi removida, obtendo-se as fibras isenta de lignina, celulose e hemicelulose. As fibras tratadas com 7% de NaOH, apresentam mais soltas e com condições favoráveis para aderência ao polímero, conseqüentemente adequadas para o processo de moldagem por injeção. Os copos obtidos por este processo apresentaram maiores tensões para ambas as fibras estudadas com concentração de 5% em massa e nesta concentração os copos que apresentaram maiores resistência à ruptura foram para as fibras de cana-de-açúcar.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa concedida à aluna de IC, Nicolle; e, as análises realizadas pelo SENAI Suíço-Brasileira, SENAC e IPEN.

## REFERÊNCIAS

ALAMRI H.; LOW I.M. Mechanical properties and water absorption behavior of recycled cellulose fibre reinforced epoxy composites, **Poly. Test.**, 2012, vol.31, issue 5, pages 620-628.

ARAÚJO, J. R. **Compósitos de Polietileno de Alta Densidade reforçados com fibra de curauá obtidos por extrusão e injeção**. 2009. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual de Campinas Instituto de Química, Campinas, 2009.

BRASKEM. Folha de dados Braskem l'm Green™ Polietileno de Alta Densidade SGF450, 2013, rev.06

FERNANDES T.F. **Preparação e caracterização de novos materiais compósitos baseados em fibras de celulose**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestre em Materiais Derivados de Recursos Renováveis) – Universidade de Aveiro, Aveiro, 2008.

GIOFFONI, P.O, LANGE, L.C., **A utilização de borra de fosfato como matéria-prima alternativa para a fabricação de tijolos**. Engenharia Sanitária e Ambiental, vol.10, nº2, p. 128-136, 2005.

JOHN, M.J.; THOMAS, S. Biofibres and biocomposites, **Carb. Pol.**, 2008, 71, 343-364p.

JOSEPH, K., MEDEIROS, E.S., CARVALHO, L.H., Compósitos de Matriz Poliéster Reforçados por Fibras Curtas de Sisal, **Polímeros: Ciência e Tecnologia** – Out/Dez, 1999, v9 n4, 136-141p.

KIM J.K., PAL K., Recent Advances in the Processing of Wood-Plastic Composites. 1ª ed., Berlin; Springer, 2011.

KIPERSTOK, A. Tendências ambientais do setor automotivo: prevenção da poluição e oportunidades de negócio, **Revista NEXOS**, do Curso de Mestrado em Economia da UFBA, 2000.

LEÃO A., O aproveitamento industrial de resíduos, **Revista Pesquisa Fapesp**, 1998, ed.33, Disponível em: <<http://www.revistapesquisa.fapesp.br/extras/imprimir.php?id=436&bid=1>> Acesso em 12 de junho de 2016.

LEUCENA, M.V., CHERNICHARO.C.A.L., **Avaliação experimental da compostagem de RSU submetidos a etapa prévia de tratamento anaeróbico**. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA. Campo Grande/MS, p.09, 2005

RAZERA, I.A.T. **Fibras lignocelulósicas como agente de reforço de compósitos de matriz fenólica e lignofenólica**. 2006. Tese (Doutorado em Ciências Físico-Química) – Instituto de Química de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.

SPINACE M.A.S.; LAMBERT C.S.; FERMOSELLI K.K.G.; DE PAOLI M.A. Characterization of lignocellulosic curaua fibres, **Carb. Poly.**, 2009, vol.77, page 47-53.

STRAUS, E.L.; MENEZES, L.V.T. **Minimização de resíduos**. In: 17 CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Anais, p. 212-225, 1993.

TOMCZAK, F. **Estudos sobre a estrutura e propriedades de fibras de coco e curauá do Brasil**. 2010. 150p. Tese (Doutorado) – Engenharia e Ciência dos Materiais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais – PIPE - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Paraná, 2010.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Resíduos Agrosilvopastoris I – Resíduos Sólidos.** 2011. Disponível em: <[http://sinir.gov.br/images/cadernos\\_de\\_diagnostico/08\\_CADDIAG\\_Res\\_Agrosilvopastoril\\_Org.pdf](http://sinir.gov.br/images/cadernos_de_diagnostico/08_CADDIAG_Res_Agrosilvopastoril_Org.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2017.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**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.

**Ricardo Vinicius Bubna Biscaia** - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia de Produção pela UTFPR. Trabalha com os temas: análise microestrutural e de microdureza de ferramentas de usinagem, modelo de referência e processo de desenvolvimento de produto e gestão da manutenção.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acesso ao saneamento 168  
Aditivos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 14  
Agregado leve 31, 34, 37, 38  
Análise da fratura 122, 126, 130  
Análise de variância 99  
Aplicações biomédicas 113, 119  
Argamassas 1, 2, 3, 4, 10, 11

### B

Baterias de lítio 106, 113, 118  
Biomassa 99

### C

Características 3, 29, 32, 38, 39, 42, 45, 46, 47, 56, 61, 64, 65, 74, 83, 84, 88, 89, 97, 110, 118, 122, 127, 128, 129, 134, 136, 146, 147, 150, 151, 153, 164, 168  
Caulim 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84  
Células combustível 113  
Compensado 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 170  
Compósito 20, 24, 25, 61, 75, 76, 77, 79, 80, 84  
Compósitos 22, 24, 29, 30, 63, 64, 72, 74, 75, 76, 79, 80, 81, 82, 84, 99, 119, 135  
Concreto de alta resistência 12, 14, 15, 17, 19, 20, 22, 23  
Cooperativas 155, 156, 157, 158, 159, 162, 163, 164  
Corrosão 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 185  
Cristalização hidrotérmica 104

### D

Dispersão 82, 85, 86, 89, 90, 91, 92, 94, 95

### E

Economia solidária 155, 162, 163, 164

### F

Fadiga 122, 124, 129, 134  
Fibra de polipropileno 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 22  
Fibras de cana-de-açúcar 61  
Fibras de côco verde 61  
Filme plástico 85  
Fôrmas 52, 54, 58, 60  
Fotocatálise 113, 114



## I

Instalações elétricas 135, 144

italic 105

## L

Lama vermelha 31, 32, 33, 34, 37, 38, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 84

Licuri 24, 25, 26, 29, 30

## M

Marco regulatório do saneamento 165, 166, 181, 183

Materiais conjugados 74

Materiais de construção 1, 2, 11

Mercerização 61, 65, 66, 67, 68, 71

Microemulsão 104

Mineração 32, 39, 40, 41, 43, 46, 47, 50, 75, 84

## N

Nanoestruturas de titânio 113

Nanopartículas de prata 85, 86, 87, 89, 91, 96

## P

Pavimentação 39, 40, 41, 42, 47, 48, 50, 51

Polietileno 52, 53, 54, 55, 61, 64, 65, 66, 72, 85, 88, 89

Propriedades mecânicas 12, 14, 15, 19, 20, 22, 64, 81, 82, 83, 99, 124, 132, 134, 147, 148, 151, 152, 153

## R

Resina poliéster 74

Resistência à compressão 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 20, 22, 61, 64

Resistência à compressão diametral 12, 20

Riscos do fim do subsídio 166

## S

Sacolas plásticas 52, 53, 54, 55, 56, 59, 60

Secagem 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 43, 66, 76, 93, 105, 107, 117

Síntese TiO<sub>2</sub> nanoestruturado 104

Sistemas de aterramento 135, 136, 144

Slump test 12, 13, 18

Sobrecarga 21, 122

Sol-gel 104, 105, 111, 112

Subsídio cruzado 165, 166, 168, 169, 170, 174, 175, 180, 182

Substituto 52

Sustentabilidade 2, 25, 39, 53, 61, 155, 156, 159, 160, 161, 163, 164, 169

## T

Técnicas eletroquímicas 135, 144

Tijolo 24, 25, 26, 28, 29

Trilho ferroviário 122

Triple bottom line 155, 156, 157, 159

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-848-9



9 788572 478489