

# Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias

Franciele Braga Machado Tullio  
(Organizadora)



**Atena**  
Editora  
Ano 2019

# Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias

Franciele Braga Machado Tullio  
(Organizadora)



**Atena**  
Editora  
Ano 2019



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

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

**Diagramação:** 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**

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

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

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

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

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

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

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

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

### **Conselho Técnico Científico**

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



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

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
 (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

P474 Pesquisa científica e inovação tecnológica nas engenharias [recurso eletrônico] / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa PR: Atena Editora, 2019. – (Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias; v. 1)

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
 Modo de acesso: World Wide Web  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-85-7247-902-8  
 DOI 10.22533/at.ed.028200601

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.  
 3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Série.

CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422**

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 1” contempla vinte e três capítulos em que os autores abordam pesquisas científicas e inovações tecnológicas aplicadas nas diversas áreas de engenharia.

Os resultados obtidos através de pesquisas científicas trazem benefícios a sociedade e promovem inovações tecnológicas, surgindo como uma engrenagem nas engenharias.

O estudo sobre o comportamento de determinados materiais sob determinadas situações permite avaliar e otimizar seu uso, proporcionando o controle das condições ideais, bem como viabilizando a utilização de determinadas matérias primas. Por sua vez, essas matérias primas podem trazer benefícios ao meio ambiente, bem como trazer resultados econômicos satisfatórios.

A avaliação de propriedades físicas e mecânicas de materiais permite também a sua utilização em diversos segmentos da engenharia, proporcionando o desenvolvimento de novos produtos, trazendo benefícios a sociedade.

Diante do exposto, esperamos que esta obra traga ao leitor conhecimento técnico de qualidade, fazendo com que o leitor reflita sobre o uso das pesquisas científicas e as inovações tecnológicas no desenvolvimento social, e faça uso dessas ferramentas na melhoria de qualidade de vida na sociedade.

Franciele Braga Machado Tullio

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
<b>AÇÃO CORROSIVA DE SOLOS DO SUL DO BRASIL SOBRE ESTRUTURAS METÁLICAS</b>	
Jessica Oliveira Ayres Matthews Teixeira Coutinho Devai Luciana Machado Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0282006011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
<b>ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PAINÉIS AGLOMERADOS CONFECCIONADOS COM PINUS, EUCALIPTO, BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E ADESIVO POLIURETANO DERIVADO DE ÓLEO DE MAMONA</b>	
Estéfani Suana Sugahara Ana Laura Soler Cunha Buzo Raissa Pravatta Pivetta Sérgio Augusto Mello da Silva Elen Aparecida Martines Morales	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0282006012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>21</b>
<b>ANÁLISE EXPERIMENTAL EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS AO CISALHAMENTO COM LAMINADOS DE PRFC</b>	
Nara Villanova Menon Maicon de Freitas Arcine Juliana Penélope Caldeira Soares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0282006013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>35</b>
<b>CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO DE FACHADA EM EDIFÍCIO LITORÂNEO COM EXPANSÃO, FISSURAÇÃO COM ESFARELAMENTO E BAIXA RESISTÊNCIA MECÂNICA: ESTUDO DE CASO</b>	
Renato Freua Sahade Fabiano Ferreira Chotoli Sérgio Soares de Lima Priscila Rodrigues Melo Leal	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0282006014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>45</b>
<b>CARACTERÍSTICAS E DESEMPENHO DA VERMICULITA NA CONSTRUÇÃO</b>	
Paula Thais dos Santos Felix	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0282006015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
<b>PINUS E EUCALIPTO PARA CONSTRUÇÕES LEVES EM MADEIRA (WOODFRAME) NO BRASIL: COMPARATIVOS, POSSIBILIDADES E DESAFIOS</b>	
Mirna Mota Martins Júlia Cruz da Silva Matheus Fernandes Lima Rita Dione Araújo Cunha	



**CAPÍTULO 7 ..... 68**

**ANÁLISE DE COMPORTAMENTO DO DESLIZAMENTO PINO SOBRE DISCO DO AÇO ISI 4140 X H13**

Eric Elian Lima Espíndola  
Andrey Coelho das Neves  
Beatriz Seabra Melo  
Vinicius Silva dos Reis  
Milena Cristina Melo Carvalho  
Brenda Thayssa Figueira Daniel  
Rodrigo Ribeiro Lima  
Edgar Costa Cardoso  
Aécio de Jesus Monteiro dos Santos  
Emerson Rodrigues Prazeres  
José Maria do Vale Quaresma

**DOI 10.22533/at.ed.0282006017**

**CAPÍTULO 8 ..... 81**

**APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DO TIPO COSTANEIRAS DE CORYMBIA CITRIODORA PARA APLICAÇÃO EM MÓVEIS E COMPONENTES DECORATIVOS**

Matheus Fernandes Lima  
Mirna Mota Martins  
Julia Cruz da Silva  
Sandro Fábio Cesar  
Rita Dione Araújo Cunha

**DOI 10.22533/at.ed.0282006018**

**CAPÍTULO 9 ..... 94**

**AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE PAINÉIS EM MADEIRA PARA REVESTIMENTO DE FACHADAS: RECOMENDAÇÕES PARA O DETALHAMENTO CONSTRUTIVO**

Mônica Duarte Aprilanti  
Simone Fernandes Tavares  
Akemi Ino

**DOI 10.22533/at.ed.0282006019**

**CAPÍTULO 10 ..... 108**

**COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL UTILIZANDO PLACAS DE SILICATO DE CÁLCIO DE ALTA DENSIDADE**

Lilian Cristina Ciconello  
Luciana Alves de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.02820060110**

**CAPÍTULO 11 ..... 121**

**INCIDÊNCIA DE DESCOLAMENTO EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS ADERIDOS EM FACHADAS: CONTRIBUIÇÃO PARA O PROJETO E A PRODUÇÃO**

Luciana Alves de Oliveira  
Luciana Araújo Mauricio Varella  
Renato Freua Sahade

**DOI 10.22533/at.ed.02820060111**

**CAPÍTULO 12 ..... 133**

COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO PARALELO ÀS FIBRAS DO *Eucalyptus urograndis*: CORPOS DE PROVA ISENTOS DE DEFEITOS X PEÇAS ESTRUTURAIS

Fabiana Yukiko Moritani  
Carlito Calil Junior

**DOI 10.22533/at.ed.02820060112**

**CAPÍTULO 13 ..... 145**

*CROSS LAMINATED TIMBER* VS CONCRETO: RESISTÊNCIA MECÂNICA A COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS E DENSIDADE

Aliane Cardoso de Almeida  
Rafaele Almeida Munis  
Jessé Salles Lara

**DOI 10.22533/at.ed.02820060113**

**CAPÍTULO 14 ..... 158**

DUREZA JANKA COMO ESTIMADOR DA DENSIDADE APARENTE E DAS RESISTÊNCIAS À FLEXÃO E COMPRESSÃO EM EUCALIPTO

Takashi Yojo  
Cassiano Oliveira de Souza  
Maria José de Andrade Casimiro Miranda  
Sergio Brazolin

**DOI 10.22533/at.ed.02820060114**

**CAPÍTULO 15 ..... 167**

ESTUDO COMPARATIVO DOS EFEITOS DE NANOFIBRAS DE SÍLICA, OBTIDAS VIA SBS, E ARGILA MONTMORILONÍTICA EM POLIAMIDA 66

Edvânia Trajano Teófilo  
Gabriel Lucena de Oliveira  
Radamés da Silva Teixeira  
Cláudio Bezerra Martins Júnior  
Rosiane Maria da Costa Farias  
Aline Vasconcelos Duarte  
Ellen Cristine Lopes da Silva Bento  
Raí Batista de Sousa  
Francisco Diassis Cavalcante da Silva  
Francisca Maria Martins Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.02820060115**

**CAPÍTULO 16 ..... 178**

ESTUDO DAS FORÇAS DE CORTE NO MICROFRESAMENTO DO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO AISI 316L

Milla Caroline Gomes  
Márcio Bacci da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.02820060116**

**CAPÍTULO 17 ..... 185**

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE FORNO DIDÁTICO PARA FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIO

Carlos Eduardo Costa  
Jefferson Maiko Luiz

Ivan Rodrigues dos Santos  
Emerson da Silva Seixas  
Milton Luis Polli

**DOI 10.22533/at.ed.02820060117**

**CAPÍTULO 18 ..... 194**

QUANTIFICAÇÃO DE HIDROGÊNIO EM CORPOS DE PROVA DE UM AÇO ARBL  
PARA ENSAIOS DE PUNÇIONAMENTO ESFÉRICO

Luiz Fernando Maia de Almeida  
Rosenda Valdés Arencibia  
Sinésio Domingues Franco

**DOI 10.22533/at.ed.02820060118**

**CAPÍTULO 19 ..... 200**

METODOLOGIA PARA MONITORAMENTO DA PRÉ-TRINCA POR FADIGA NO  
ENSAIO SNTT

Guilherme Bernardes Rodrigues  
Waldek Wladimir Bose Filho  
Sinésio Domingues Franco  
Rosenda Valdés Arencibia

**DOI 10.22533/at.ed.02820060119**

**CAPÍTULO 20 ..... 206**

BIOSSORÇÃO DE METAIS PESADOS UTILIZANDO A MICROALGA *Synechococcus  
nidulans*

Juliana Silveira de Quadros  
Paulo Fernando Marques Duarte Filho  
Fernando Junges

**DOI 10.22533/at.ed.02820060120**

**CAPÍTULO 21 ..... 216**

DISTRIBUIÇÃO BIDIMENSIONAL DA PROFUNDIDADE DE MISTURA NO  
RESERVATÓRIO DE LAJEADO, TOCANTINS

Marcelo Marques  
Elaine Patricia Arantes  
Fernando Oliveira de Andrade  
Alexandre Kolodynskie Guetter  
Cristhiane Michiko Passos Okawa  
Isabela Arantes Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.02820060121**

**CAPÍTULO 22 ..... 227**

ESTUDO PROSPECTIVO E TECNOLÓGICO DA GERAÇÃO DE SYNGAS  
UTILIZANDO CATALISADORES

Munique Gonçalves Guimarães  
Grace Ferreira Ghesti  
Camila Lisdália Dantas Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.02820060122**



**CAPÍTULO 23 ..... 240**

**UTILIZAÇÃO DE PELÍCULAS COMESTÍVEIS NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MORANGOS**

Tatiane Barbosa dos Santos

Matheus Luis Ferrari

Marcio Eduardo Hintz

João Paulo Brazão Gianini

Rafael Rodrigo Bombardelli

Idiana Marina Dalastra

**DOI 10.22533/at.ed.02820060123**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 251**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 252**

## ESTUDO COMPARATIVO DOS EFEITOS DE NANOFIBRAS DE SÍLICA, OBTIDAS VIA SBS, E ARGILA MONTMORILONÍTICA EM POLIAMIDA 66

Data de aceite: 25/11/2019

**Francisca Maria Martins Pereira**

Universidade Federal do Cariri

Juazeiro do Norte – Ceará

**Edvânia Trajano Teófilo**

Universidade Federal do Cariri

Juazeiro do Norte – Ceará

**Gabriel Lucena de Oliveira**

Universidade Federal do Cariri

Juazeiro do Norte - Ceará

**Radamés da Silva Teixeira**

Universidade Federal do Cariri

Juazeiro do Norte – Ceará

**Cláudio Bezerra Martins Júnior**

Universidade Federal do Cariri

Juazeiro do Norte – Ceará

**Rosiane Maria da Costa Farias**

Universidade Federal de Campina Grande

Campina Grande – Paraíba

**Aline Vasconcelos Duarte**

Universidade Federal do Cariri

Juazeiro do Norte – Ceará

**Ellen Cristine Lopes da Silva Bento**

Universidade Federal do Cariri

Juazeiro do Norte – Ceará

**Raí Batista de Sousa**

Universidade Federal do Cariri

Juazeiro do Norte – Ceará

**Francisco Diassis Cavalcante da Silva**

Universidade Federal do Cariri

Juazeiro do Norte – Ceará

**RESUMO:** A área de nanocompósitos poliméricos vem se destacando nos últimos anos. As cargas mais utilizadas têm sido argila montmorilonítica (MMT) e nanopartículas esféricas de sílica. Porém, a tendência a aglomeração durante o processamento tem dificultado a obtenção de nanocompósitos com as propriedades desejadas. Espera-se que o uso de carga na forma de nanofibras possa evitar tal agregação (devido sua elevada anisotropia associada com sua alta razão de aspecto). O presente estudo objetivou utilizar nanofibras de sílica, obtidas via fiação por sopro em solução (“Solution Blow Spinning” – SBS), como carga em matriz de poliamida 66 (PA 66), e verificar, assim, os efeitos em propriedades desse polímero de engenharia. Tais efeitos foram comparados pela adição de argila MMT, devido a MMT ser uma nanocarga de elevada razão de aspecto muito investigada na literatura para obtenção de nanocompósitos poliméricos, ao passo que as nanofibras ainda são incipientes para esse tipo de aplicação. A argila MMT foi utilizada na forma natural e organofilizada e as nanofibras sem tratamento superficial. Os nanocompósitos foram produzidos na forma de filmes, pelo método *casting*, e os teores

de carga variaram entre 1 e 2,5%. Foi possível observar que a presença de sílica, diferentemente da argila MMT, não promoveu melhoria nas propriedades mecânicas do polímero. No caso da argila, os melhores resultados foram observados com a MMT natural.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nanofibras de sílica, fiação por sopro em solução, argila montmorilonítica, poliamida 66.

**ABSTRACT:** The area of polymeric nanocomposites has been highlighting in recent years. The most commonly used fillers have been montmorillonite clay (MMT) and spherical silica nanoparticles. However, the tendency to agglomeration during processing has made it difficult to obtain nanocomposites with the desired properties. It is expected that the use of nanofiber charge can prevent such aggregation (due to its high anisotropy associated with its high aspect ratio). The present study aimed to use silica nanofibers obtained by solution spinning spinning (SBS) as a filler in polyamide 66 (PA 66) matrix, and thus verify the effects on properties of this engineering polymer. These effects were compared by the addition of MMT clay, because MMT is a high aspect ratio fillers that has been much investigated in the literature to obtain polymeric nanocomposites, while nanofibers are still incipient for this type of application. MMT clay was used in its natural and organophilized form and nanofibers without surface treatment. The nanocomposites were produced in the form of films by the casting method, and the charge contents ranged from 1 to 2.5%. It was observed that the presence of silica, unlike MMT clay, did not improve the mechanical properties of the polymer. In the case of clay, the best results were observed with natural MMT.

**KEYWORDS:** Silica nanofibers, Solution Blow Spinning, montmorillonite clay, polyamide 66.

## 1 | INTRODUÇÃO

A aplicação de cargas em polímeros é uma prática frequente. Seja na indústria, onde a principal aplicação é no barateamento das peças produzidas, ou na produção de compósitos, em que as cargas não mais têm função de baratear o processo, mas sim melhorar as propriedades mecânicas da matriz (HUFENBACH et al., 2011).

Com o avanço das pesquisas em nanocompósitos, em que a fase dispersa deve ter pelo menos uma das dimensões inferiores a 1000 nm (SASIPRYIA et al, 2013), diversas cargas já se mostraram viáveis para aplicação, como nanopartículas (ASSIS, 2012), nanotubos de carbono (SALES, 2013), nanoesferas (CAIADO, 2014) e as próprias nanofibras (PLOTTEGHER; RIBEIRO, 2013). Devido à elevada razão de aspecto, associada a uma elevada área superficial específica, as nanofibras têm mostrado grandes potenciais de aplicação como sensores ópticos eletrônicos, biosensores, matrizes para a imobilização de catalisadores, reforços estruturais, filtros capazes de reter microorganismos e partículas sólidas extremamente finas



de líquidos ou gases, substratos para crescimento de órgãos e tecidos biológicos, encapsulação e liberação controlada de fármacos, curativo para a regeneração da pele, entre outros (HUANG et al., 2003; AUSSAWASATHIENA et al., 2005; MA et al., 2005; PHAN et al., 2006; GOPAL et al., 2006; MARTINS et al., 2007; VELEIRINHO et al., 2009; OLIVEIRA, 2011; COSTA et al., 2012; ZADOROSNY, 2013; VALENTE, 2014; SILVA et al., 2015).

Existem poucas técnicas conhecidas na literatura, que são capazes de produzir fibras de óxidos cerâmicos em tamanho nanométrico, destacando-se a eletrofiação (EF) e a fiação por sopro em solução (*Solution Blow Spinning – SBS*), esta segunda, desenvolvida nos últimos 10 anos.

Uma alternativa ao método EF foi desenvolvida por Medeiros e colaboradores (2009; 2010) que propuseram a fiação por sopro em solução (SBS). Esse método consiste em fiar por meio de forças aerodinâmicas em vez de utilizar elevados campos elétricos. A Figura 1 exemplifica o sistema de SBS usado para fiação.

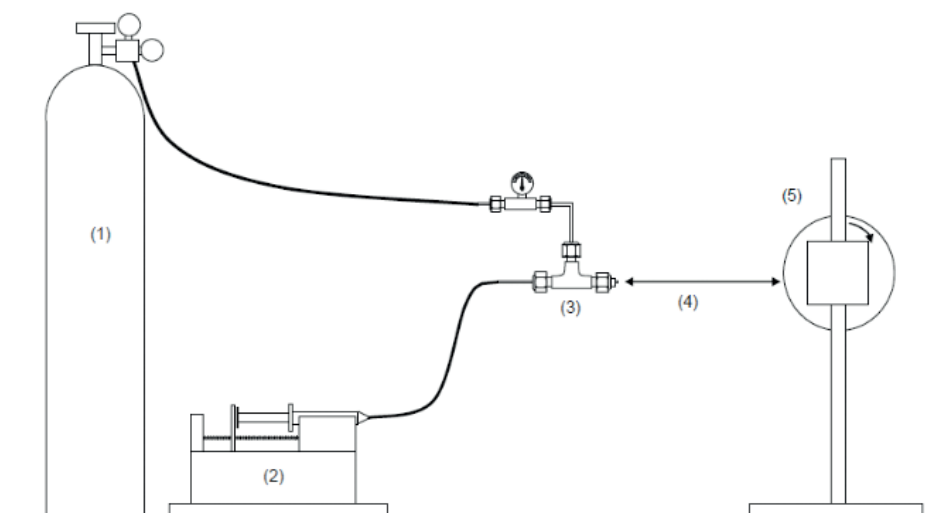


Figura 1 - Esquemática do processo SBS: (1) Reservatório do gás, (2) bomba de injeção, (3) matriz de fiação, (4) distância de trabalho e (5) coletor.

Fonte: Farias (2013).

O SBS utiliza-se de uma solução precursora que será injetada da seringa para o bocal/ matriz de fiação. O bocal consiste em dois canais concêntricos onde, pelo bocal interno irá passar a solução precursora, enquanto pelo bocal externo irá passar o gás pressurizado advindo do cilindro, podendo esse gás ser Argônio, Hélio ou Ar comprimido. Esse gás, ao passar pelo bocal externo, irá sair a uma alta velocidade devido à pressão a qual estava submetido. Dessa forma, quando a força atinge um valor crítico, de maneira a superar as tensões superficiais do líquido (solução precursora), este é arrastado em forma de filamento, formando um jato polimérico, que será captado pelo coletor.

A priori, a utilização desse método mostrou-se eficiente para a produção de

nanofibras poliméricas (MEDEIROS et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2011a; OLIVEIRA et al., 2011b; OLIVEIRA et al., 2012; TEÓFILO et al., 2014; SILVA et al., 2015) e recentemente nanofibras cerâmicas, de mulita e sílica (FARIAS et al., 2015; TEIXEIRA et al., 2016). Destaca-se ainda a diferença no que diz respeito ao volume de produção, enquanto na eletrofiação a produção média é de 3 mL por hora, a fiação por sopro em solução possui taxa de produção de 45ml por hora (WOJASI et al., 2011).

Porém, na área de nanocompósitos, não apenas as nanofibras podem ser utilizadas, mas também argilas, em especial, a Montmorillonita (MMT). Por, assim como as nanofibras, possuir elevada razão de aspecto e ainda ter capacidade de esfoliação. As aplicações de compósitos com MMT vão desde imobilizadores de enzimas (ALVES et al., 2017) até propriedades de barreira, evitando a difusão de água (AN; SLAVUTSKY, 2012). Porém, para as cargas argilosas há uma limitação, que é a tendência à aglomeração. Essa aglomeração é um fator que pode proporcionar ao compósito uma redução de suas propriedades mecânicas, por produzir pontos concentradores de tensão. Uma maneira de minimizar esse fato seria a organofilização da argila, ou seja, torná-la quimicamente similar à matriz por meio de agentes específicos que favoreçam reações químicas. Esse processo pode melhorar não somente as propriedades mecânicas do material, mas também propriedades térmicas (AN; SLAVUTSKY, 2012).

O presente estudo pretende produzir nanofibras de sílica por SBS e incorporar em matriz de Poliamida 66 (PA-66), para obter híbridos PA-66/nanofibra, e paralelamente incorporar argila MMT para obter híbridos PA-66/MMT, de forma que se possa fazer um comparativo entre os efeitos dessas cargas de elevada razão de aspecto em propriedades mecânicas, bem como em alterações microestruturais, desse importante polímero de engenharia. Como a aplicação de nanofibras de sílica como carga em termoplásticos ainda é incipiente, um estudo comparativo com uma carga muito utilizada como a MMT tem sua relevância justificada.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Na realização desse estudo utilizou-se a Poliamida 66 (PA-66) como matriz e as seguintes cargas: i) argila montomorilonítica comercial, codificada como *Cloisite Na<sup>+</sup>*, proveniente da Southern Clay Products (Texas/EUA), a qual foi utilizada tanto na forma natural, como após organofilização em laboratório; ii) nanofibras de sílica, sintetizadas em laboratório a partir de uma solução precursora contendo poli(cloreto de vinila) (PVC), tetrahidrofurano (THF), ácido clorídrico (HCl) e tetraetilortosilicato (TEOS).

Para síntese das nanofibras, a solução precursora foi submetida ao processo SBS utilizando-se ar comprimido e os seguintes parâmetros de fiação: taxa de injeção de 7,2 mL h<sup>-1</sup>, pressão de 50 psi, distância de trabalho de 30 cm e de protrusão de 2 mm (TEÓFILO et al, 2014). A manta fiada foi tratada termicamente (700°C), para remoção de orgânicos e outros voláteis, e sua morfologia analisada em um microscópio eletrônico de varredura (Shimadzu XDR-6000). Os diâmetros das fibras foram medidos utilizando o *ImageJ*, um software da National Institutes of Health USA.

Para organofilizar a argila, primeiramente preparou-se uma dispersão de argila MMT sódica com água destilada (0,04 g/ml) sob agitação mecânica a 1300 rpm por 20min. Seguidamente foi adicionada uma mistura do tensoativo iônico Praepagen WB com água destilada (0,5g/ml) e o conjunto agitado por mais 20 min. A dispersão obtida ficou em repouso por 24h, sendo em seguida lavada com 2L de água destilada sob filtração a vácuo, seca em estufa, desagregada em almofariz e passada em peneira ABNT nº 200 (0,074 mm).

Para a produção dos filmes puros, a PA 66 foi dissolvida em ácido fórmico (13% m/v) e depositada em placa de *petri* para evaporação do solvente em estufa. Para a produção dos filmes híbridos, foi utilizado o mesmo procedimento, sendo que com a adição de nanocargas lamelares (MMT natural e modificada) e de nanofibras de sílica às soluções filmogênicas, em quantidades que resultasse em híbridos com teores nominais de 1, 1,5 e 2,5% em massa.

Análises de (DR-X) foram realizadas nos compósitos de PA-66/MMT natural, PA-66/MMT organofílica e PA-66/nanofibra de sílica, em um equipamento Shimadzu XDR-6000 (40kV; 30mA;  $\lambda_{CuK\alpha} = 1,5418 \text{ \AA}$ ;  $2^\circ \leq 2\theta \leq 30^\circ$ ; 1°/min). E testes mecânicos foram conduzidos nos filmes poliméricos, sob tração, em uma máquina universal de ensaio DL (Digital Line) da EMIC com célula de carga de 200kgf e taxa de deslocamento do travessão de 5 mm/min.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Caracterização das fibras produzidas

Através da microscopia eletrônica de varredura (MEV) é possível avaliar a morfologia das fibras produzidas como também calcular o diâmetro médio das mesmas. Na Figura 2a observa-se uma microscopia com aumento de 5.000 vezes, comprovando a obtenção de fibras de pequeno diâmetro através do processo de fiação por sopro em solução. É possível notar regiões em que as fibras estão dispersas e regiões em que estão dispostas em forma de feixes, e tal aglomeração pode vir a causar efeito concentrador de tensão quando incorporadas na matriz polimérica.



No histograma dos diâmetros médios apresentado na Figura 2b observa-se uma larga faixa de distribuição, porém, aproximadamente 70% das fibras, encontram-se com diâmetros abaixo de 700 nm, condição que, segundo observações da literatura (SASIPRYIA et al., 2013), pode-se considerar como fibras nanométricas.

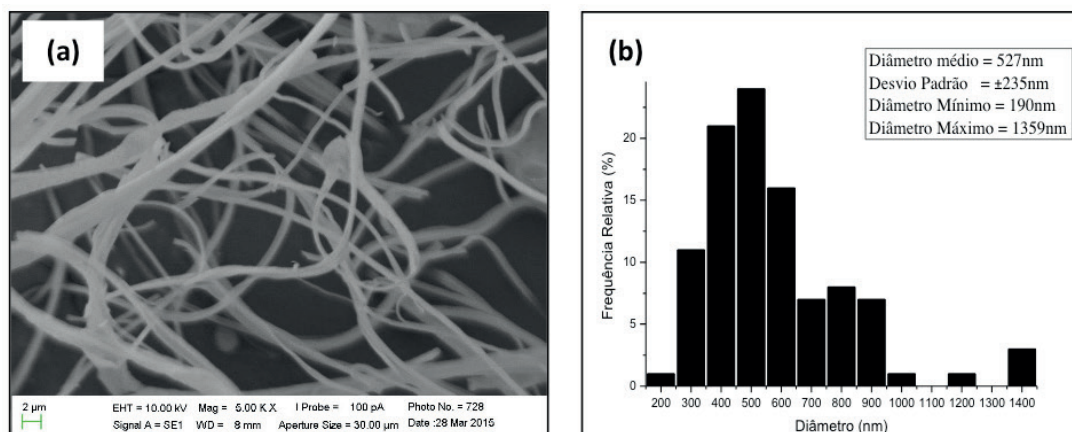


Figura 2 - Nanofibras de sílica obtidas por SBS: a) MEV com aumento de 5.000X; b) Gráfico da distribuição de diâmetros.

Fonte: Dos Autores

### 3.2 Ensaios Mecânicos de Tração

Os ensaios mecânicos de tração foram conduzidos em corpos de prova produzidos a partir dos filmes poliméricos puros e híbridos, os valores médios de Limite de Resistência à Tração (LRT) e de deformação obtidos podem ser visualizados nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

Observa-se na Figura 3 que o efeito das cargas lamelares, MMT natural e modificada, foram semelhantes para o teor de 2,5%, pois é notório o aumento na resistência a tração dos compósitos em relação ao polímero puro. Já para a concentração de 1% de argila, o incremento só é notório para a MMT natural, sendo o LRT deste 70% maior do que dos compósitos com argila modificada. Em relação ao polímero puro, o aumento foi de cerca de 43%, obtendo um aumento real no LRT quando se considera os desvios. E para o teor de argila de 1,5%, observa-se que há redução na resistência à tração em relação ao teor de 1% tanto para a MMT natural quanto para a MMT modificada. Contudo os compósitos com argila natural permanecem com melhoria significativa em se comparando com o polímero puro.

Para os compósitos de PA 66/nanofibra de sílica, pode-se perceber pela Figura 3 que estes tiveram as menores resistências dentre os compósitos avaliados. Para o teor de 1% de nanofibra, a redução em relação ao polímero puro foi de quase 60%, uma redução significativa levando em consideração os desvios. Ao aumentar o teor de carga, o LRT aumentou de forma sutil, não havendo melhorias significativas. Com a concentração de 2,5% de nanofibras, o LRT foi o maior se comparado ao LRT dos compósitos com teores de 1% e 1,5%, mas ainda 30% menor que o polímero puro,

levando a crer que foi promovido o efeito concentrador de tensão por compatibilização ineficiente entre carga e matriz.

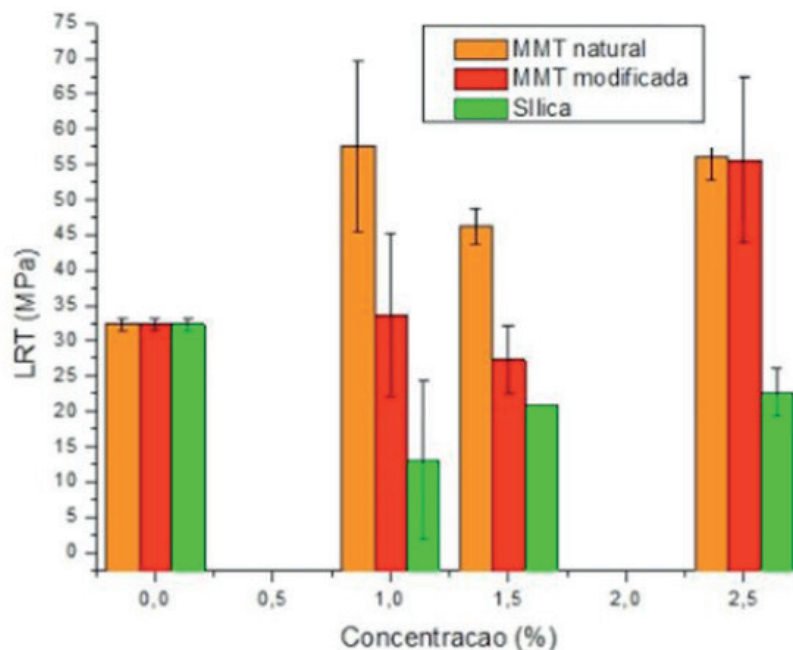


Figura 3 – Limite de Resistência à tração para a poliamida 66 com diferentes teores de nanofibra de sílica e argila MMT natural e modificada (organofílica).

Fonte: Dos Autores.

Através da Figura 4, é possível observar que a deformação dos compósitos de PA 66 com MMT natural cresce à medida que o teor de carga aumenta, chegando à máxima deformação com 2,5% de argila. Já para os compósitos de PA 66 com a argila modificada, a deformação decresce até concentrações de 1,5% de carga, porém quando o teor passa para 2,5% a deformação é recuperada, ficando no patamar do polímero puro. Isso sugere o teor de 2,5% como ótimo para fins de carregamento com MMT em PA 66, pois no caso em que não promove melhoria, também não prejudica a ductilidade da matriz. Já para as nanofibras de sílica, observa-se que não ocorrem melhorias na capacidade deformacional da matriz polimérica para nenhum dos teores empregados.

Dessa maneira, fica evidenciada a melhor interação da PA 66 com a MMT natural, visto que foi a única carga que promoveu melhorias tanto na resistência mecânica quanto na ductilidade com todos os teores utilizados. É sabido que os oxigênios presentes nas superfícies externas do argilomineral são compatíveis com polímeros contendo grupos funcionais polares, podendo ocasionar boas interações. Possivelmente isso tenha ocorrido no presente estudo, devido à polaridade da matriz empregada.

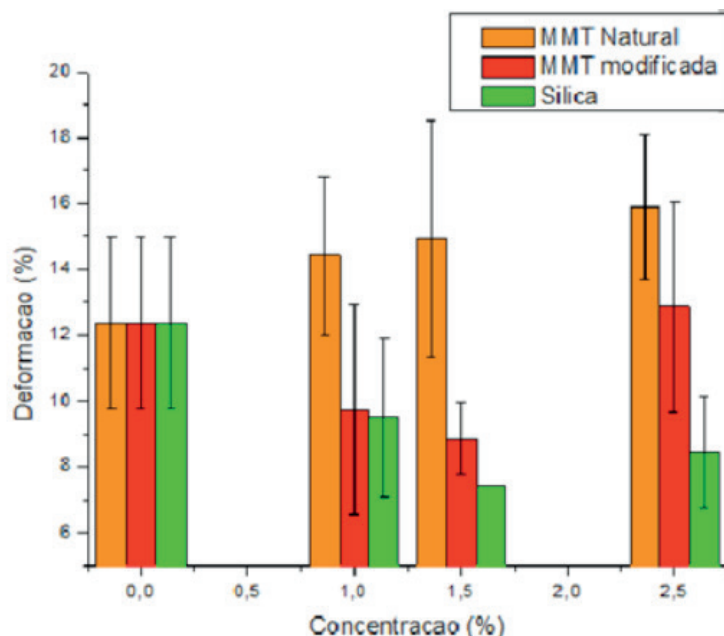


Figura 4 – Deformação percentual para a poliamida 66 com diferentes teores de nanofibra de sílica e argila MMT natural e modificada (organofílica).

Fonte: Dos Autores.

### 3.3 DRX dos compósitos

A Figura 5 mostra os espectros de raios-X para os compósitos de PA 66 com argila natural e modificada (Figura 5a) e com nanofibras de sílica (Figura 5b). Em todas as amostras estão presentes picos entre 20° e 25° referente à fase cristalina  $\alpha$  das poliamidas. Para a poliamida 66 com carga natural é possível notar que o pico de intensidade nesse intervalo é maior, podendo inferir que há uma maior ordenação (cristalinidade) da fase matriz para esse compósito, o que condiz com os resultados dos ensaios mecânicos, uma vez que os compósitos de PA 66 aditivados com argila natural obtiveram melhores propriedades mecânicas.

É importante ressaltar que o pico característico da fase cristalina da argila MMT natural, localizado geralmente entre 5° e 10° (LAFUENTE; YANG, 2015), não aparecem nos espectros de DRX, sugerindo que pode ter havido interação entre a carga e a matriz de forma a obter um nanocompósito, o que também poderia justificar os melhores resultados de propriedades mecânicas observados para o híbrido PA 66/MMT natural.

Os picos próximos a 23° nas amostras de poliamida são referentes a cristalinidade de plano hkl (020) (BEZERRA, 2009). Esse tipo de pico é encontrado nas poliamidas puras. Uma vez que as matrizes utilizadas nesse estudo continham teores de argila e de nanofibras de sílica, pode-se sugerir que as cargas utilizadas não interferiram na cristalinidade da matriz.

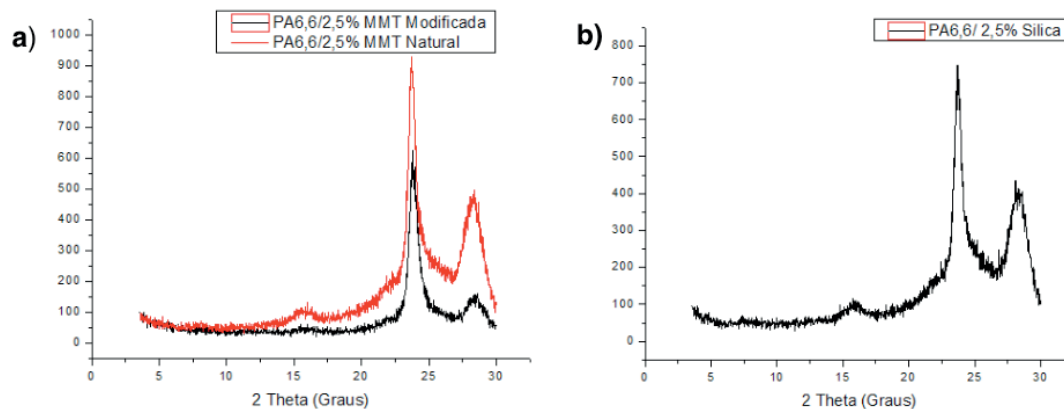


Figura 5 – Difratoograma de raios-X para os compósitos com 2,5% de carga: a) PA 66 com argila MMT natural e modificada; b) PA 66 com nanofibra de sílica.

Fonte: Dos Autores

## 4 | CONCLUSÕES

Foi possível produzir nanofibras de maneira satisfatória pelo método de SBS. Dentre as cargas utilizadas a argila MMT natural proporcionou uma melhoria efetiva na resistência à tração e deformação da poliamida 66 para todas as concentrações utilizadas, enquanto que a MMT modificada só conferiu melhoria ao se usar uma concentração de 2,5%. As nanofibras de sílica adicionadas a PA 66 não conferiram incremento nas propriedades mecânicas analisadas, podendo ter atuado como concentradoras de tensão. As cargas utilizadas não interferiram na cristalinidade da matriz polimérica.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

ALVES, L. F.; REINA, M. P.; SCHWANKE, A. J.; PERGHER, S.; MONTI, R.; NETO, A. B.; PAULA, A. V.; **Avaliação de diferentes metodologias de imobilização de lipases comerciais em argila montmorillonita visando aplicação na síntese de triglicerídeos dietéticos**. Anais do XII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica São Paulo: Blucher, 2017.

ASSIS, L. M.; ZAVAREZE, E. R.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; SOUZA-SOARES, L.A. Revisão: **Características de nanopartículas e potenciais aplicações em alimentos**. Brazilian Journal Food Technology, Campinas, v. 15, n. 2, p. 99-109, jun. 2012. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S198167232012000200001&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198167232012000200001&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 26 mar. 2019. Epub 24-Abr 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1981-67232012005000004>.

AUSSAWASATHIENA, D.; DONG, J.-H; DAI, L. **Electrospun polymer nanofiber sensors**. Synthetic Metals, n. 154, p. 37-40, 2005.

BEZERRA, D. C., DE GOUVEIA, T.R., LEITE, A. M. D, COSTA, A. C. F. M., ARAÚJO, E. M. **Obtenção de compósitos de pa 6/ ferritani. Caracterização estrutural por drx dos pós de ferrita e dos compósitos.** 10º CBPol, 2009.

CAIADO, K.L.; ASSIS, M. D.; FARIA, A. L.; SARTORATTO, P.P.C.; SILVA, D.O.C.; SILVA, P.M. **Preparação e Atividade Catalítica de uma Ferroporfirina Imobilizada em Nanoesferas Magnéticas de Maguemita-sílica,** resumo 32º Reunião anual SBQ, 2009.

COSTA, R. G. F.; OLIVEIRA, J. E.; PAULA, G. F.; PICCIANI, P. H. S.; MEDEIROS, E. S.; RIBEIRO, C.; MATTOSO, L. H. C. **Eletrofição de Polímeros em Solução - Parte I: Fundamentação Teórica.** Polímeros, v. 22, n. 2, p. 170-177, 2012.

FARIAS, R. M. C. **Síntese e caracterização de fibras de mulita obtidas pela técnica fiação por sopro em solução (SBS).** 2013. 91f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal da Paraíba.

FARIAS, R. M. C.; MENEZES, R. R.; OLIVEIRA, J. E.; MEDEIROS, E. S. **Production of submicrometric fibers of mullite by solution blow spinning (SBS),** Materials Letters, v. 149, p. 47-49, 2015.

GOPAL, R.; KAUR, S.; MA, Z.; CHAN, C.; RAMAKRISHNA, S.; MATSUURA, T. **Electrospun nanofibrous filtration membrane.** Journal of Membrane Science, v. 281, p.581-586, 2006.

HUANG, Z-M; ZHANG, Y. Z.; KOTAKIC, M.; RAMAKRISHNA, S. **A review on polymer nanofibers and their applications in nanocomposites.** Composites Science and Technology. v. 63. P. 2223-2253, 2003.

HUFENBACH, W.; ADAM, F.; FISCHER, W. -J.; KUNADT, A.; WECK, D. **Mechanical behaviour of textile-reinforced thermoplastics with integrated sensor network components.** Materials & Design, Surrey, v. 32, p. 4931-4935, 2011.

LAFUENTE, B. D. R.T; YANG, H. S. N. **The Power of databases: The RRUFF project.** Highlights in Mineralogical Crystallography. P 1- 30, 2015.

MA, Z.; KOTAKI, M.; INAI, R.; RAMAKRISHNA, S. **Potential of Nanofiber Matrix as Tissue-Engineering Scaffolds.** Tissue Engineering, v. 11, p. 101-109, 2005.

MARTINS, A.; ARAUJO, J. V.; REIS, R. L.; NEVES, N. M. **Electrospun nanostructured scaffolds for tissue engineering applications.** Nanomedicine, v. 2, n. 6, p. 929-942, 2007.

MEDEIROS, E. S.; GLENN, G. M.; KLAMCZYNSKI, A. P.; ORTS, W. J.; MATTOSO, L. H. C., **Solution Blow Spinning,** US Patent, 0062.08, 2010.

MEDEIROS, E., S., GLENN, G. M., KLAMCZYNSKI, A. P., ORTS, W. J., MATTOSO, L. H. C., **Solution blow spinning: a new method to produce microand nanofibers from polymer solutions,** Journal of Applied Polymer Science, v. 113, p. 2322–2330, 2009.

OLIVEIRA, J. E. **Nanofibras poliméricas aplicadas em sensores e biosensores.** 2011. 240f. Tese de Doutorados – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, São Carlos, São Paulo.

OLIVEIRA, J. E., MORAES, E. A., COSTA, R. G. F., AFONSO, A., MATTOSO, L. H. C., ORTS, W. J., MEDEIROS, E. S., **Nano and submicrometric fibers of poly(D,L-Lactide) obtained by solution blow spinning: process and solution variables,** Journal of Applied Polymer Science, v. 122 p. 3396-3405, 2011a.

OLIVEIRA, J. E.; MATTOSO, L. H. C.; MEDEIROS, E. S.; ZUCALOTTO, V. **Poly (lactic acid)/carbon nanotube fibers as novel platforms for glucose biosensors.** Biosensors, v. 2, n. 1, p. 70-82, 2012.



OLIVEIRA, J. E.; ZUCALOTTO, V.; MATTOSO, L. H. C.; MEDEIROS, E. S. **Multi walled carbon nanotubes and poly(lactic acid) nanocomposite fibrous membranes prepared by solution blow spinning**. Journal of Nanoscience and Nanotechnology, v. 12, n. 3, p. 2733-2741, 2011b.

PHAN, Q. P.; SHARMA, U.; MIKOS, A. G. **Electrospinning of Polymeric Nanofibers for Tissue Engineering Applications: A Review**. TissueEngineering, v. 12, p. 1197-1211, 2006.

PLOTEGHER, F.; RIBEIRO, C. **Preparação e Caracterização de Compósitos Poliméricos Baseados em Amido Termoplástico e Materiais de Alta Área Superficial: Zeólita ZSM-5 e Sílica Coloidal**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 23, n. 2, p.236-241, 2013.

SALES, Ricardo José Ferreira. **Materiais Compósitos Reforçados com Nanotubos de Carbono**. 2013. 134 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Engenharia Militar, Academia Militar, Lisboa, 2013.

SASIPRIYA, K, SURIYAPRABHA,, R., PRABU, P., RAJENDRAN, V.. **Synthesis and characterisation of polymeric nanofibers poly (vinyl alcohol) and poly (vinyl alcohol)/silica using indigenous electrospinning set up**. Material Resistance, São Carlos , v. 16, n. 4, p. 824-830, Aug. 2013.

SILVA, T. H.; OLIVEIRA, J. E.; MEDEIROS, E. S. **Obtenção de micro e nanofibras de PVC pela técnica de Fiação por Sopros em Solução**. Polímeros, v. 25, n. 2, p. 229-235, 2015.

SLAVUTSKY, Aníbal Marcelo; BERTUZZI, María Alejandra; ARMADA, Margarita. **Water barrier properties of starch-clay nanocomposite films**. Braz. J. Food Technol., Campinas , v. 15, n. 3, p. 208-218, Sept. 2012 .

TEIXEIRA, R. S., OLIVEIRA, G. L., FARIAS, R. C., SILVA, F. D. C., MENEZES, R. R., TEÓFILO, E. T. **Obtenção de nanofibras de sílica pelo método sbs e investigação preliminar de sua aplicação como carga em matriz polimérica**. Natal, RN. 22º CBECIMat, 2016.

TEÓFILO, E. T.; FARIAS, R. M. C.; COSTA, D. L.; NEVES, G. A.; MEDEIROS, E. S.; MENEZES, R. R. **Obtenção de Nanofibras Vinílicas pelo Método de Fiação por Sopros em Solução**, in: Anais do XIV Latin American Symposium on Polymers – XII Ibero American Congresso on Polymers, Porto de Galinhas, Out (2014).

VALENTE, C. A. **Síntese de nanofibras de polipirrol para potencial aplicação em conduto biodegradável para regeneração nervosa**. 2014. 139f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais – PGETEMA – PUC - RS.

VELEIRINHO, B.; LOPES-DA-SILVA J. A. **Application of electrospun poly(ethylene terephthalate) nanofiber mat to apple juice clarification**. Process Biochemistry, v. 44, n. 3 p. 353–356, 2009.

WOJASI, M.; PILAREK, M.; CIACH, T. **Comparative studies of electrospinning and solution blow spinning processes for the production of nano fi brous poly ( L- lactic acid )**.Materials for biomed- cal engineering. , v. 16, n. 2, 2011

ZADOROSNY, L. **Produção e Caracterização de Micro e Nanofibras de Poli(fluoreto de vinilideno) – PVDF Obtidos pela Técnica de Fiação por Sopros em Solução**. 2013. 86f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pósgraduação em Ciência dos Materiais Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**Franciele Braga Machado Tullio** - Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aço inoxidável 178, 181  
Aproveitamento de costaneira 81  
Argamassa de revestimento 35, 36, 42, 44, 45  
Argila montmorilonítica 167, 168

### C

Carga normal 68, 71, 73, 74, 75, 77, 78, 79  
Cisalhamento 21, 23, 24, 27, 31, 32, 33, 34, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 203, 217  
CLT 97, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157  
Coeficiente de atrito 68, 71, 73, 74, 79  
Comparação 7, 13, 14, 23, 40, 56, 57, 58, 61, 63, 73, 75, 77, 78, 79, 86, 133, 135, 140, 145, 206, 209, 244, 245, 247  
Compartimentação horizontal 108, 110, 111, 118  
Compressão 24, 25, 28, 29, 33, 48, 114, 115, 135, 137, 145, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 164, 165, 166, 201  
Concreto 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 61, 97, 117, 118, 123, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 190  
Concreto armado 21, 22, 23, 33, 34, 37, 123, 148, 156, 157  
Conforto acústico 45  
Conforto térmico 45, 47, 50, 53, 122  
Construção civil 12, 18, 22, 23, 36, 44, 45, 49, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 59, 65, 96, 97, 98, 108, 110, 128, 132, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 156, 187  
Construções leves 55, 56, 60, 61, 65, 66  
Corrosão 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 23, 112, 113, 181, 195  
Corymbia citriodora 81, 82, 83, 84, 85, 92, 93  
Cura 15, 22, 35, 43, 44, 145, 152, 156

### D

Densidade 5, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 47, 51, 63, 108, 110, 111, 113, 114, 115, 145, 149, 150, 151, 153, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 187, 190, 191, 207  
Descolamento 31, 32, 33, 38, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132  
Desgaste deslizante 68, 76  
Detalhe construtivo 94  
Durabilidade 36, 50, 56, 57, 64, 94, 96, 97, 98, 99, 103, 106, 107, 115, 122  
Dureza Janka 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166

### E

Eletroquímica 1, 2, 196, 197  
Ensaio de caracterização 35, 39, 40, 42

Escória 35, 41, 43, 44, 188

Eucalipto 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 82, 93, 101, 136, 144, 148, 158, 159, 160, 161

## F

Fachadas de edifícios 121, 123, 132

Fachadas em madeira 94, 95, 96, 100

Fiação por sopro em solução 167, 168, 169, 170, 171, 176

Flexão 10, 13, 17, 21, 24, 31, 32, 114, 135, 136, 137, 141, 142, 143, 158, 159, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 201

Forças de corte 178, 179, 180, 181, 183

Forno didático 185, 191, 192

## M

Madeira 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 106, 107, 119, 129, 133, 134, 135, 139, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 156, 157, 158, 159, 160, 163, 164, 165, 166

Manifestação patológica 35

Materiais alternativos 19, 45, 47

Materiais compósitos de PRFC 21

Metal 1, 2, 5, 6, 178, 180, 181, 182, 206, 207, 210, 212, 213, 214, 215, 229

Microfresamento 178, 180, 181, 183

Microusinagem 178, 179, 180, 181

## N

Nanofibras de sílica 167, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 177

## P

Painéis de madeira 11, 18, 19, 20, 81, 83, 97, 157

Parede corta-fogo 108, 119

Patologia 121, 123

Pinus 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 101, 143, 144, 145, 151

Poliamida 66 167, 168, 170, 173, 174, 175

Prática acadêmica 185

Processo de fundição 185

Projeto de revestimento 121

Proteção contra incêndio 108

## R

Reforço estrutural 21, 22, 25

Resíduo de madeira 81, 92

Revestimento cerâmico 121, 122, 126, 128, 130, 132

Revestimento em madeira 94

## **S**

Sistema construtivo em placas de silicato de cálcio 108

Solo 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 65, 100, 134, 231

## **T**

Tecnologia de vedações verticais leves 108

Tubulação 1

## **V**

Vermiculita 45, 47, 49, 50, 51, 52, 53

Vigas 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 37, 114, 123

## **W**

Wood frame 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67



