

Atividades de Ensino e de Pesquisa em Química

3

Atena
Editora

Ano 2020

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)



Atividades de Ensino e de Pesquisa em Química

3

Atena
Editora

Ano 2020

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)



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: Natália Sandrini de Azevedo

Edição de Arte: Luiza Batista

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

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

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

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de 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

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernando da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

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
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
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
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
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 Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
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
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
A872	<p>Atividades de ensino e de pesquisa em química 3 [recurso eletrônico] / Organizadora Jéssica Verger Nardeli. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-102-2 DOI 10.22533/at.ed.022202206</p> <p>1. Química – Pesquisa – Brasil. I. Nardeli, Jéssica Verger. CDD 540</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A coleção “Atividades de Ensino e de Pesquisa em Química” é uma obra que tem um conjunto fundamental de conhecimentos direcionados a industriais, pesquisadores, engenheiros, técnicos, acadêmicos e, é claro, estudantes. A coleção abordará de forma categorizada pesquisas que transitam nos vários caminhos da química de forma aplicada, inovadora, contextualizada e didática objetivando a divulgação científica por meio de trabalhos com diferentes funcionalidades que compõem seus capítulos.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos relacionados ao desenvolvimento de protótipo de baixo custo, análise do perfil químico de extratos, degradação de resinas, quantificação de flavonoides, estudo de substâncias antioxidantes e avaliação do grau de contaminação das águas. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado ao desenvolvimento, otimização e aplicação, entre outras abordagens importantes na área de química, ensino e engenharia química. Atividades de Ensino e de Pesquisa em Química 3 tem sido um fator importante para a contribuição em diferentes áreas de ensino e pesquisa.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área de química. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes metodologias, abordagens, aplicações de processos, caracterização substanciais é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse tanto no meio acadêmico como social.

Portanto, esta obra é oportuna e visa fornecer uma infinidade de estudos fundamentados nos resultados experimentais obtidos pelos diversos pesquisadores, professores e acadêmicos que desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática.

Jéssica Verger Nardeli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE BAIXO CUSTO PARA MEDIDA DE ÂNGULO DE CONTATO Samanta Costa Machado Silva Jorge Amim Júnior Ana Lucia Shiguihara DOI 10.22533/at.ed.0222022061	
CAPÍTULO 2	9
MONITORING AGEING OF RESOL TYPE PHENOLIC RESIN BY IMPEDANCE SPECTROSCOPY Anderson Ferreira Luiz Claudio Pardini DOI 10.22533/at.ed.0222022062	
CAPÍTULO 3	17
ANÁLISE DO PERFIL QUÍMICO DOS EXTRATOS DAS PARTES AÉREAS DE <i>Peperomia pellucida</i> Gabriela Barbosa dos Santos Manolo Cleiton Costa de Freitas Ana Carolina Gomes de Albuquerque de Freitas Leandro Marques Correia Eduardo Antonio Abreu Pinheiro Anderson de Santana Botelho Wandson Braamcamp de Souza Pinheiro DOI 10.22533/at.ed.0222022063	
CAPÍTULO 4	33
ESTUDO DA DEGRADAÇÃO CONTROLADA DE RESINAS USADAS COMO VERNIZES EM OBRAS DE ARTE: A BUSCA POR INIBIDORES DE FOTOOXIDAÇÃO COM MECANISMO DUAL Luisa Malizia Alves Daniel Pais Pires Vieira Daniel Lima Marques de Aguiar DOI 10.22533/at.ed.0222022064	
CAPÍTULO 5	45
TRATAMENTO QUÍMICO NA RECUPERAÇÃO DE MERCÚRIO PRESENTES EM LÂMPADAS FLUORESCENTES Cesar Tatari Marcio Callejon Maldonato Douglas Cunha Siva DOI 10.22533/at.ed.0222022065	
CAPÍTULO 6	50
QUANTIFICAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS, FLAVONOIDES E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM MEL DE <i>Melipona subnitida</i> D. Maria da Conceição Tavares Cavalcanti Liberato Paulo Roberto Santos de Lima Glemilson Moita de Aguiar Ítalo Ramon Rocha Muniz Renata Almeida Farias Joaquim Rodrigues de Vasconcelos Neto Luziane Rocha da Silva Vanessa Cristina Silva Vasconcelos	

DOI 10.22533/at.ed.0222022066

CAPÍTULO 7 55

O USO DA ACETIL-L-CARTININA (LAC) NO DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DA DEPRESSÃO

Danielle Cristina Gomes
Ascalazan Julio Bartles Marcondes
Beatriz Stefany dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.0222022067

CAPÍTULO 8 58

PLANTAS MEDICINAIS COM EFEITOS ANTITUSSÍGENOS E EXPECTORANTES COMO FONTE DE TRATAMENTO RESPIRATÓRIO: UMA REVISÃO

Valdiléia Teixeira Uchôa
Deydiellen Gomes de Sousa
Patrícia e Silva Alves
Gilmânia Francisca Sousa Carvalho
Herbert Gonzaga Sousa
Antônio Rodrigues da Silva Neto
João Paulo Rodrigues da Silva
Katianne Soares Lopes
Maria Lanna Souza da Silva
Maria de Sousa Santos Bezerra
Renata da Silva Carneiro
Tatiana de Oliveira Lopes

DOI 10.22533/at.ed.0222022068

CAPÍTULO 9 71

ESTUDO DA CAPACIDADE DE REMOÇÃO DO IBUPROFENO UTILIZANDO A CELULOSE

Matheus Londero da Costa
Joana Bratz Lourenço
William Leonardo da Silva

DOI 10.22533/at.ed.0222022069

CAPÍTULO 10 77

DETERMINAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICAS DE COMPOSTOS COM ATIVIDADE ANTIOXIDANTE EM AMOSTRAS DE CHÁS

Miguel Oliveira Silva Santos
Débora de Andrade Santana
Hebert Matos Miranda
Samantha de Souza Cunha
Valesca Juliana Silveira Ferreira Nunes

DOI 10.22533/at.ed.02220220610

CAPÍTULO 11 87

CONTEÚDO FENÓLICO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FARINHA INTEGRAL DE AMARANTO

Bárbara Elizabeth Alves de Magalhães
Walter Nei Lopes dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.02220220611

CAPÍTULO 12 95

AValiação DO GRAU DE CONTAMINAÇÃO POR METAIS TÓXICOS E A DETERMINAÇÃO QUALIDADE DAS ÁGUAS DA LAGOA IMARUÍ DO COMPLEXO LAGUNAR

Jair Juarez João
Cintia Souza da Silva

CAPÍTULO 13	109
AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DA AZITROMICINA USANDO REATOR COM RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA	
Rosecler Ribeiro Franzon	
Sabrina Grando Cordeiro	
Ani Caroline Weber	
Bruna Costa	
Gabriela Vettorello	
Bárbara Parraga da Silva	
Aline Botassoli Dalcorso	
Eduardo Miranda Ethur	
Lucélia Hoehne	
DOI 10.22533/at.ed.02220220613	
CAPÍTULO 14	118
DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO ANALÍTICO PARA PREVISÃO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ENERGIA DE IMPACTO EM COMPÓSITOS TERMOPLÁSTICOS COMMINGLED REFORÇADOS COM FIBRA DE CARBONO	
Ricardo Mello Di Benedetto	
Edson Cocchieri Botelho	
Antonio Carlos Ancelotti Junior	
Edric João Gomes Putini	
DOI 10.22533/at.ed.02220220614	
CAPÍTULO 15	126
ANÁLISE QUANTITATIVA DE CIANETO EM AMOSTRAS DE MANDIOCA	
Igor Feijão Cardoso	
Paulo Sérgio Taube Júnior	
Júlio César Amaral Cardoso	
Sorrel Godinho Barbosa de Souza	
Márcia Mourão Ramos Azevedo	
Emerson Cristi de Barros	
José Augusto Amorim Silva do Sacramento	
Anna Beatriz Farias dos Santos	
Thalia Nascimento Figueira	
Gabriela Polato Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.02220220615	
SOBRE A ORGANIZADORA	138
ÍNDICE REMISSIVO	139

DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO ANALÍTICO PARA PREVISÃO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ENERGIA DE IMPACTO EM COMPÓSITOS TERMOPLÁSTICOS COMMINGLED REFORÇADOS COM FIBRA DE CARBONO

Data de aceite: 01/06/2020

Ricardo Mello Di Benedetto

Departamento de Materiais e Tecnologia,
Universidade Estadual Paulista-UNESP.
Guaratinguetá, SP.
ricardo@ntc.eng.br

Edson Cocchieri Botelho

Departamento de Materiais e Tecnologia,
Universidade Estadual Paulista-UNESP.
Guaratinguetá, SP.

Antonio Carlos Ancelotti Junior

Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade
Federal de Itajubá-UNIFEI. Itajubá, MG.

Edric João Gomes Putini

Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade
Federal de Itajubá-UNIFEI. Itajubá, MG.

RESUMO: A capacidade de absorção de energia dos compósitos termoplásticos estruturais é associada à cinética de degradação térmica da matriz polimérica. O proposto estudo aborda o desenvolvimento de um modelo analítico de regressão múltipla capaz de prever a absorção de energia de impacto de compósitos *commingled*, considerando os parâmetros de processamento, as propriedades da matriz e a cinética de degradação térmica. O modelo foi desenvolvido com base na resposta do

compósito de fibra de carbono/poliamida 6 (FC/PA6) no teste de impacto de baixa velocidade (LVI). Os limites de degradação térmica foram obtidos por meio do método isoconversional de Friedman e os parâmetros de processamento pela lei de Darcy. O modelo analítico foi capaz de prever a absorção de energia de impacto do material em diferentes temperaturas e tempos de processamento, revelando a superfície de resposta associada à energia dissipada.

PALAVRAS-CHAVE: Compósito *commingled*, cinética de degradação, modelo de regressão múltipla, teste de impacto.

DEVELOPMENT OF AN ANALYTICAL
MODEL FOR PREDICTING THE IMPACT
ENERGY ABSORPTION CAPABILITY
OF COMMINGLED THERMOPLASTIC
COMPOSITES REINFORCED WITH CARBON
FIBER

ABSTRACT: The energy absorption capability of commingled composites is associated with the matrix thermal degradation kinetics. A multiple regression model was developed to predict the impact energy absorption. The analytical model considered processing parameters, matrix properties and thermal degradation kinetics as

input variables. Furthermore, the model has been developed based on the carbon fiber/polyamide 6 commingled composite response on the low velocity impact test. Furthermore, the thermal degradation limits have been provided by the Friedman's isoconversional method and the processing parameters by the Darcy's law. The analytical model was able to predict the commingled composite impact energy absorption in different temperatures and processing times revealing the response surface associated with the dissipated energy.

KEYWORDS: commingled composites, thermal degradation kinetics, multiple regression model, low velocity impact test

1 | INTRODUÇÃO

A consolidação de compósitos termoplásticos do tipo *commingled* envolve um conjunto de parâmetros de processamento que, combinados às propriedades térmicas da matriz, afetam diretamente a capacidade de absorção de energia da estrutura em um evento de impacto^[1]. Compreender o desempenho do material em absorver energia associado ao nível de degradação termo-oxidativa da matriz termoplástica durante a consolidação é um desafio complexo que requer o desenvolvimento de métodos e modelos, de modo a otimizar o processamento do compósito.

A resistência a colisão, do inglês *crashworthiness*, lida com a segurança humana em um eventual acidente automotivo e relaciona-se com melhorias na absorção de energia dos materiais compósitos^[2-4]. Essa capacidade avalia a absorção de energia por meio de mecanismos e modos de falha controlados^[5], que permitem a manutenção gradual no perfil de carga durante a absorção^[6,7]. O interesse no uso de materiais compósitos estruturais em componentes para a indústria automobilística está aumentando consideravelmente nos últimos anos, motivado pela fabricação de veículos híbridos e elétricos^[8,9], os quais requerem redução de peso.

A complexidade dos mecanismos de falha que ocorrem no material compósito dificulta sua caracterização e a previsão de seu comportamento em uma eventual colisão. Materiais compósitos avançados usados em estruturas de veículos devem ser capazes de fornecer altos níveis de segurança contra acidentes, para que os requisitos de certificação de falhas sejam atendidos^[10,11]. Portanto, entender os mecanismos de fratura e o comportamento de um material compósito em um evento de impacto ^[12,13] torna-se um importante campo de estudo^[14].

O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de absorção de energia do material compósito *commingled* em função dos parâmetros de processamento, das propriedades da matriz e da cinética de degradação térmica. Finalmente, um modelo de regressão múltipla foi desenvolvido considerando a energia absorvida no teste de impacto de baixa velocidade.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

As fibras de carbono utilizadas na tecelagem foram fornecidas pela empresa Toho-Tenax® e possuem a especificação técnica HTS40 T300 12k. A poliamida 6 foi fornecida pela empresa Concordia Manufacturing, em forma de fibra (Concordia Nylon 6 - 900/72), para permitir a tecelagem do tecido conjugado, o *commingled*. Por fim, o tecido *commingled* FC/PA6 usado neste estudo foi fabricado e fornecido pela empresa Texiglass Ltda.

2.2 Metodologia

O processamento por consolidação sob pressão foi realizado por meio da prensa hidráulica Solab SL-12/150 conforme revelada na Figura 1. Para tanto, os compósitos de 5 camadas [0/90]⁵ foram fabricados com diferentes ciclos de processamento, em temperatura de patamar de 240°C, 250°C, 260°C, 270°C e 280°C, considerando 20 min de tempo de imersão, calculado por meio de equação de Darcy ^[15] (Equação 1).

$$t_{imp} = \frac{\eta D_p^2}{2KP} \quad (1)$$

Em que, t_{imp} é o tempo de impregnação, D_p é o comprimento de impregnação, K é o coeficiente de permeabilidade das fibras de reforço, η é a viscosidade do polímero e P é a pressão aplicada.

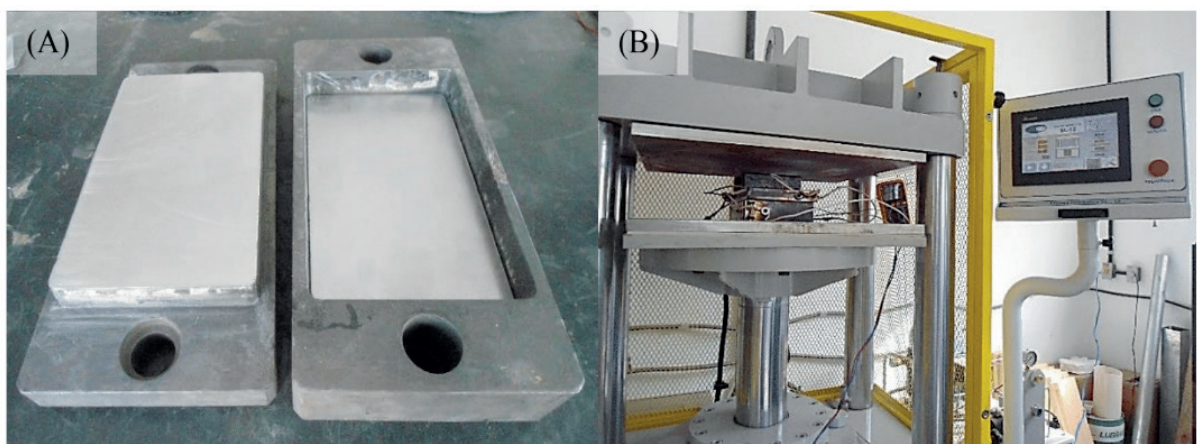


Fig. 1 – Sistemas utilizados no processamento do compósito FC/PA6. (A) Molde metálico plano retificado. (B) Dispositivo montado na prensa hidráulica.

O teste de impacto por queda livre de peso (*drop-weight impact test*) foi realizado de acordo com o método de teste padrão contido na norma ASTM D7136/D7136M. As amostras de 3mm de espessura foram usinadas com 152,4 mm de comprimento e 101,6

mm de largura. O equipamento Dynatup 9200 é um dispositivo de impacto que possui uma torre com mecanismo de guia de coluna dupla, no qual um punção é liberado de uma determinada altura e, em queda livre, choca-se com a amostra ao final do trajeto. O teste foi realizado com punção esférico de 15,8mm de medida padrão e 0,45 kg de massa. A altura de queda livre ($h=589$ mm) foi calculada de acordo com as especificações contidas na norma, a qual considera uma energia de impacto de 28,81J para esse tipo de material.

O modelo cinético isoconversional de Friedman foi escolhido para determinar os parâmetros cinéticos da reação de degradação, pois é o método mais comum para polímeros e fornece uma maneira direta de avaliar a energia de ativação efetiva em função da extensão da reação. O comportamento de degradação da matriz de PA foi estudado e caracterizado por análise termogravimétrica (TGA), realizada em um equipamento Mettler Toledo AE 240 TG. A cinética de degradação em polímeros pode ser descrita pela Equação 2, em que α representa o grau de degradação, t é o tempo, $k(T)$ é a constante dependente de temperatura (T) e $f(\alpha)$ é o modelo de reação.

$$\frac{d\alpha}{dt} = k(T)f(\alpha) \quad (2)$$

Para tanto, amostras de aproximadamente 10 mg de PA foram submetidas a ciclos de aquecimento de 0°C a 600°C em três diferentes taxas de aquecimento (5, 10 e 15°C/min) em atmosfera oxidante (ar ambiente).

Por fim, o modelo de regressão múltipla foi desenvolvido por meio do software Rstudio® pelo método de seleção de variáveis do tipo *stepwise* e pela determinação da escolha do modelo pelo critério de Akaike.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando que o objetivo do estudo de degradação apresentado é sugerir um ciclo térmico que assegure as propriedades finais do material, o limite de tolerância à degradação foi estabelecido como 5% e a previsão foi feita nesse grau, conforme apresentado na Figura 2, como consequência da aplicação do método isoconversional de Friedman.

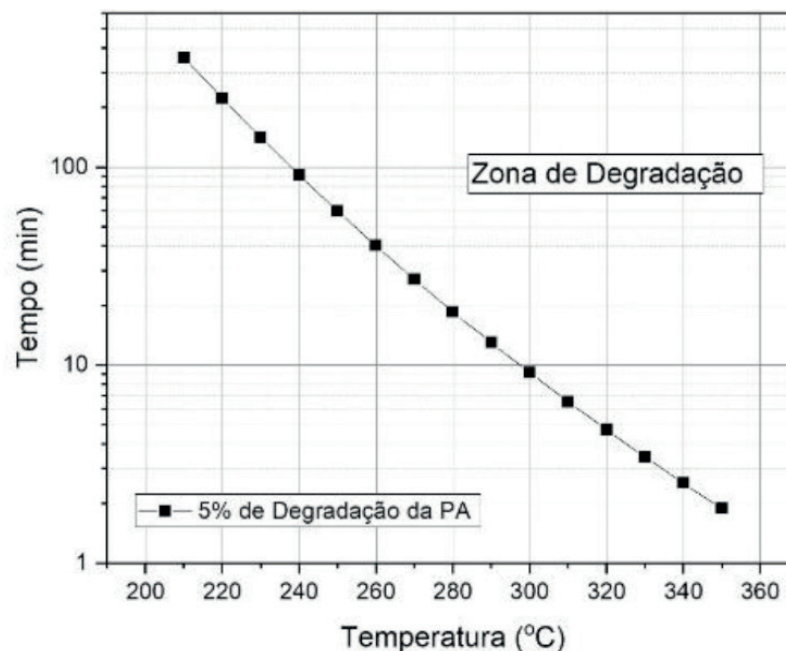


Fig. 2 – Previsão de tempo em função da temperatura para 5% de grau de degradação da matriz de PA.

A interpretação do gráfico sugere que o compósito FC/PA6 pode ser processado a partir de 220°C (temperatura de fusão aproximada para a matriz PA) à 350°C (temperatura de degradação aproximada para a matriz) sem atingir mais de 5% de degradação se o tempo de processamento está sob os limites da curva.

Os resultados do ensaio de impacto por queda livre de peso estão revelados na Figura 3. O gráfico representa a energia absorvida em função da deflexão do material, causado pelo contato do punção em queda livre sob a superfície da amostra.

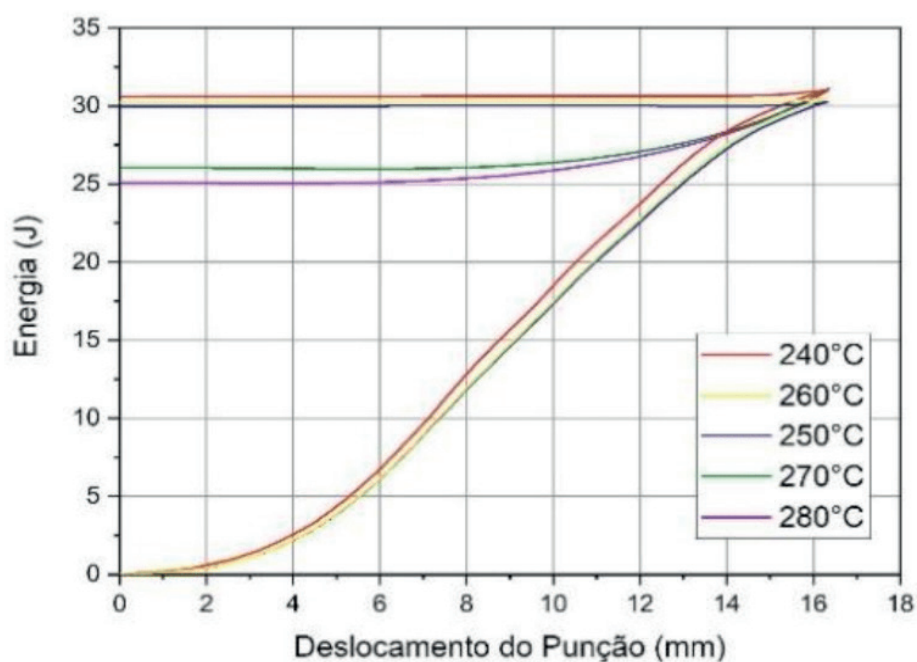


Fig. 3 – Energia dissipada *versus* deslocamento

O compósito *commingled* FC/PA6 apresentou redução na capacidade de absorver energia de impacto após a temperatura de 260°C em decorrência do efeito de degradação térmica da matriz.

A energia absorvida em um evento de impacto pode ser definida por meio da Equação 3, que considera o efeito da degradação térmica durante o aquecimento e das propriedades do material compósito:

$$AEI = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{-E_a}{\ln\left(\frac{\alpha}{A\alpha t}\right)} \right) + \beta_2 \left(\frac{\eta D_p^2}{2KP} \right) \quad (3)$$

Em que, *AEI* é a absorção de energia de impacto e β os coeficientes da regressão. Os termos da Equação 3 foram definidos pela lei de Darcy e pela cinética de degradação térmica da PA6.

A Figura 4 revela a superfície de resposta gerada pelo modelo desenvolvido.

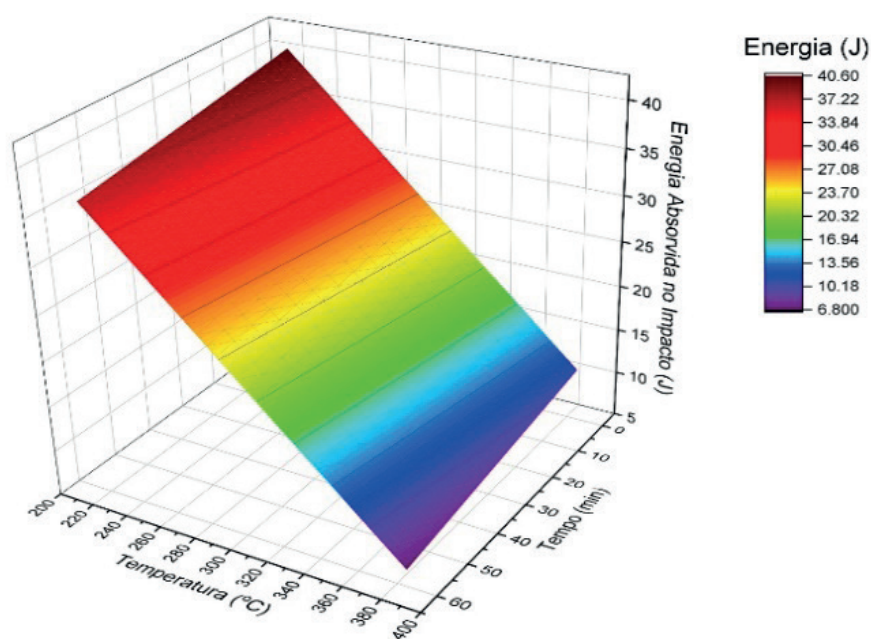


Fig. 4 – Absorção de energia determinada pelo ensaio de impacto.

4 | CONCLUSÕES

A degradação termo-oxidativa da matriz polimérica afeta a capacidade de absorção de energia do compósito termoplástico quando a temperatura de processamento excede os limites previstos no estudo de degradação.

A superfície de resposta gerada pelo modelo de regressão múltipla foi capaz de indicar a dissipação de energia do impacto em baixa velocidade, considerando parâmetros de processamento, propriedades e cinética de degradação da matriz. A principal descoberta

deste trabalho está relacionada ao uso de um método de cinética de degradação térmica, às propriedades da matriz e aos parâmetros de processamento para criar uma alternativa para indicar a capacidade do material compósito em absorver energia e aumentar a capacidade de colisão.

AGRADECIMENTOS

FAPESP (projeto 2017/16970-0; 2018/24964-2; 2019/22173-0); FINEP (projeto 0.1.13.0169.00.); CAPES; CNPq (projeto 303224/2016-9); Texiglass Ltda.

REFERÊNCIAS

- [1] DI BENEDETTO, R. M. et al. **Crashworthiness and Impact Energy Absorption Study Considering the CF/PA Commingled Composite Processing Optimization.** *Materials Research*. 2017;20(2):792-799.
- [2] HEIDE J. **E-Coat Sustainable Long-Fibre Thermoplastic Composites for Structural Automotive Applications.** In: *Conference on Innovative Developments for Lightweight Vehicle Structures*. Wolfsburg, Germany; 2009.
- [3] KORICH, E. et al. **Crashworthiness Analysis of Composite and Thermoplastic Foam Structure for Automotive Bumper Subsystem.** In: *Advanced Composite Materials for Automotive Applications: Structural Integrity and Crashworthiness*. 2014:129-147.
- [4] ZHANG, Z. et al. **Crashworthiness of different composite tubes by experiments and simulations.** *Composites Part B: Engineering*. 2018;143:86-95.
- [5] REN, Y. et al. **A progressive intraply material deterioration and delamination based failure model for the crashworthiness of fabric composite corrugated beam: Parameter sensitivity analysis.** *Composites Part B: Engineering*. 2018;135:49-71.
- [6] GARNER, D. M. et al. **Test methods for composites crashworthiness: A review.** *Journal of Advanced Materials*. 2008;40(4):5-26.
- [7] THORNTON, P. H. **Energy absorption in composite structures.** *Composite Materials*. 1979;13(1):247.
- [8] CARRUTHERS, J. J. et al. **Energy Absorption Capability and Crashworthiness of Composite Material Structures: A Review.** *Applied Mechanics Reviews*. 1998;51(10):1-15.
- [9] JACOB, G. C. et al. **Energy Absorption in Polymer Composites for Automotive Crashworthiness.** *Journal of Composite Materials*. 2002;36(7):813-850.
- [10] WADE B. **Capturing the Energy Absorbing Mechanisms of Composite Structures under Crash Loading.** Dissertation. University of Washington, 2014.
- [11] BISAGNI C. **Experimental investigation of the collapse modes and energy absorption characteristics of composite tubes.** *International Journal of Crashworthiness*. 2009;14(4):365-378.
- [12] DI BENEDETTO, R. M. et al. **Impact Energy Absorption Capability of Thermoplastic Commingled Composites.** *Composites Part B: Engineering*. 2019;176(1):1-29.
- [13] DI BENEDETTO, R. M. et al. **Energy absorption study considering crush test on carbon fiber/epoxy**

and carbon fiber/polyurethane structural composite beams. *Composite Structures*. 2018;203(1):242-253.

[14] HAMOUDA, A. M. S. et al. **Testing of composite materials at high rates of strain: Advances and challenges.** *Journal of Materials Process Technology*. 1998;77(1):327–336.

[15] SASTRY, A. M. **Impregnation and Consolidation Phenomena.** *Comprehensive Composite Materials*. 2000;2(1):609-622.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorção 25, 77, 79, 99, 100, 112, 113, 118, 119, 123, 126

Adsorção 71, 72, 73, 74, 75, 76, 105

Ageing 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 44

Ângulo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Antioxidante 18, 20, 21, 23, 29, 30, 31, 38, 44, 50, 51, 52, 53, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 94

Antitussive 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

Atividade Antioxidante 18, 20, 21, 23, 29, 30, 38, 50, 51, 52, 53, 77, 78, 79, 80, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 94

B

Bandas Cromatográficas 25, 26, 27, 28

Bioativos 20, 77, 78, 85, 87, 88, 92

Biopolímero 71, 72, 73, 75

C

Compósitos 2, 118, 119, 120

compostos cianogênicos 127, 128, 135

Compostos Fenólicos 17, 23, 25, 26, 27, 30, 50, 51, 52, 54, 77, 78, 79, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Contato 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 22, 46, 73, 122, 134

E

Electrical Properties 9, 13, 15

Energia 3, 37, 38, 75, 99, 109, 118, 119, 121, 122, 123, 124

Espectrofotometria 32, 77, 79, 109, 112, 113, 115, 127

Espectroscopia De Infravermelho Médio 34

F

Farinha De Amarantho 87, 88, 91, 92

Fármaco 43, 71, 72, 73, 109, 110, 112, 115, 137

Fibra De Carbono 118

Fotooxidação 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

I

Impedance Spectroscopy 9

Inibição 34, 37, 38, 39, 52, 83, 84, 85, 87, 90, 92

L

Lâmpadas Fluorescentes 45, 46, 48, 49

M

Manihot esculenta 126, 127, 136, 137

Melipona subnitida D. 50, 51, 52

Mercúrio 45, 46, 47, 48, 49, 105

Metais 95, 98, 99, 105, 106

Método Cromatográfico 23

Mikania Glomerata 59, 60, 61, 62, 68, 69, 70

Modelo Analítico 118

Molhabilidade 1, 2, 7

N

Nitroimidazóis 34, 38

P

Peperomia Pellucida 17, 18, 19, 21, 30, 31, 32

Perfil Químico 17, 18, 21, 30

Phenolic Resin 9, 10, 12, 15

Phytotherapy 59, 61, 64, 70

Pinturas 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 43

Placa Cromatográfica 24, 25, 27, 28, 29

POAs 109, 110, 111, 115

Q

Qualidade De Água 95, 100, 105, 106

R

Reator De Batelada 109, 110, 111, 112

Regalrez 1094 33, 34, 35, 39, 40, 41, 42, 43

S

Superfície 1, 2, 3, 5, 6, 7, 22, 36, 37, 74, 75, 118, 122, 123, 138

T

Toxicidade 110, 132, 136

 **Atena**
Editora

2 0 2 0