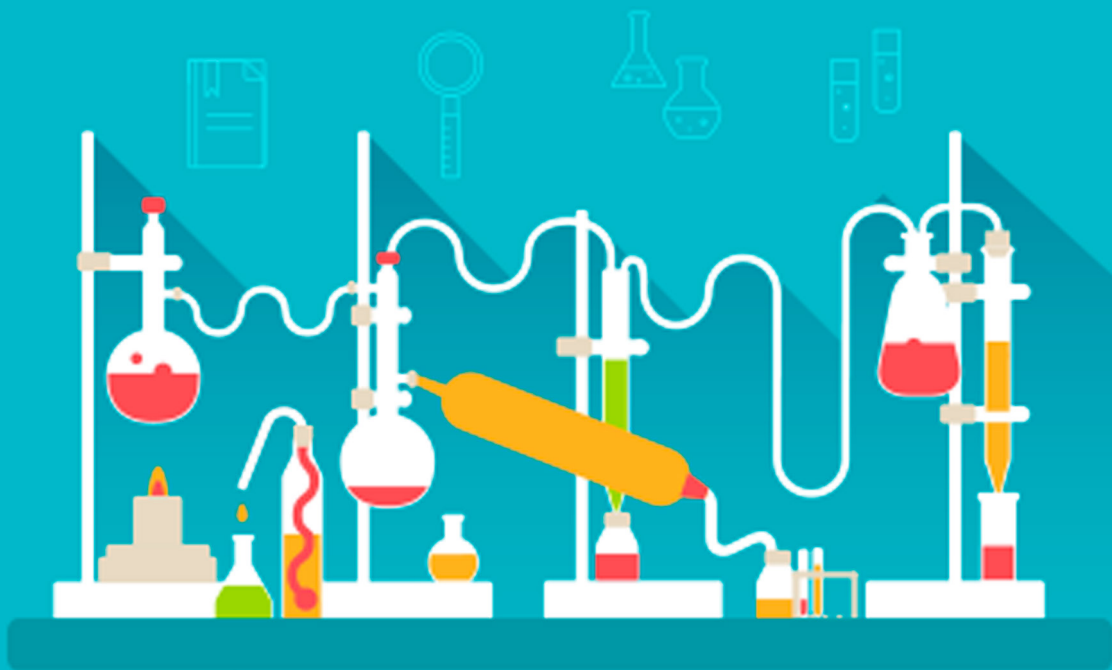


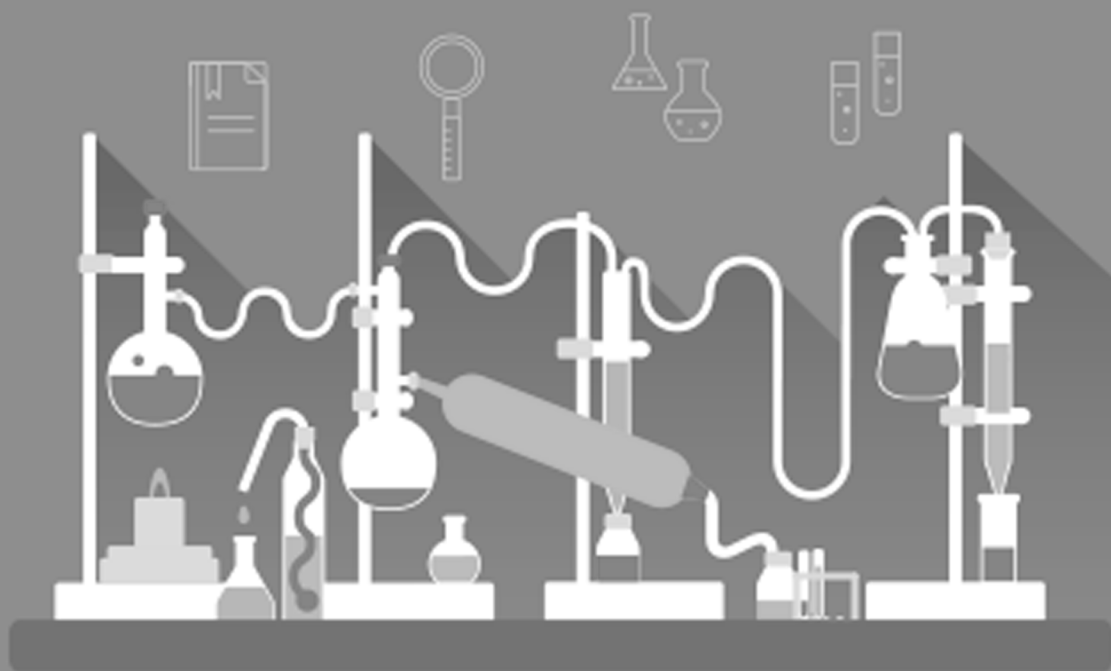
# A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável



Érica de Melo Azevedo  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

# A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável



Érica de Melo Azevedo  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora  
Ano 2020

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecário**

Maurício Amormino Júnior

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos 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, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
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. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
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

### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

### **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. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª 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  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª 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  
Profª Drª 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  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
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. Dr. 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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## A química nas áreas natural, tecnológica e sustentável

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecário** Maurício Amormino Júnior  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremona  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadora:** Érica de Melo Azevedo

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
Q6	A química nas áreas natural, tecnológica e sustentável 1 [recurso eletrônico] / Organizadora Érica de Melo Azevedo. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.  Formato: PDF Requisitos de sistemas: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-385-9 DOI 10.22533/at.ed.859201709  1. Química – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. 3. Sustentabilidade. I. Azevedo, Érica de Melo.
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A Coleção “A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável” apresenta artigos de pesquisa na área de química e que envolvem conceitos de sustentabilidade, tecnologia, ensino e ciências naturais. A obra contém 69 artigos, que estão distribuídos em 3 volumes. No volume 1 são apresentados 29 capítulos sobre aplicações e desenvolvimentos de materiais adsorventes sustentáveis e polímeros biodegradáveis; o volume 2 reúne 20 capítulos sobre o desenvolvimento de materiais alternativos para tratamento de água e efluentes e propostas didáticas para ensino das temáticas em questão. No volume 3 estão compilados 20 capítulos que incluem artigos sobre óleos essenciais, produtos naturais e diferentes tipos de combustíveis.

Os objetivos principais da presente coleção são apresentar aos leitores diferentes aspectos das aplicações e pesquisas de química e de suas áreas correlatas no desenvolvimento de tecnologias e materiais que promovam a sustentabilidade e o ensino de química de forma transversal e lúdica.

Os artigos constituintes da coleção podem ser utilizados para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, para o ensino dos temas abordados e até mesmo para a atualização do estado da arte nas áreas de adsorventes, polímeros, análise e tratamento de água e efluentes, propostas didáticas para ensino de química, óleos essenciais, produtos naturais e combustíveis.

Após esta apresentação, convido os leitores a apreciarem e consultarem, sempre que necessário, a coleção “A Química nas áreas natural, tecnológica e Sustentável”. Desejo uma excelente leitura!

Érica de Melo Azevedo

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO EMPREGANDO BAGAÇO DE UVA (*VITIS LABRUSCA*) IN NATURA E MODIFICADO COMO ADSORVENTE**

Júlia Cristina Diel  
Isaac dos Santos Nunes  
Dinalva Schein  
Joseane Sarmento Lazarotto  
Vitória de Lima Brombilla  
Carolina Smaniotto Fronza

**DOI 10.22533/at.ed.8592017091**

### **CAPÍTULO 2..... 14**

#### **ADSORÇÃO DE CONTAMINANTE ORGÂNICO EM ÁGUA POR RESÍDUO AGROINDUSTRIAL TRATADO SIMULTANEAMENTE COM ÁCIDO E ULTRASSOM**

Matias Schadeck Netto  
Carlos Heitor Fernandez Cervo  
Jivago Schumacher de Oliveira  
Edson Luiz Foletto  
Evandro Stoffels Mallmann  
Osvaldo Chiavone-Filho  
Guilherme Luiz Dotto

**DOI 10.22533/at.ed.8592017092**

### **CAPÍTULO 3..... 24**

#### **ADSORÇÃO DE ÍONS CÁDMIO POR DERIVADOS CARBOXIMETILADOS E SULFATADOS DE QUITOSANA**

João Lucas Isidio de Oliveira Almeida  
Micaele Ferreira Lima  
Shirley Abel Barboza Coelho  
Emanuela Feitoza da Costa  
Flavia Oliveira Monteiro da Silva Abreu  
Carlos Emanuel de Carvalho Magalhães

**DOI 10.22533/at.ed.8592017093**

### **CAPÍTULO 4..... 32**

#### **AGGLOMERATED BOARDS EVALUATION WITH WASTE OF POLYURETHANE SKIN AND NON-HALOGENATED FLAME RETARDANTS**

Aguinaldo Oliveira Machado  
Jocelei Duarte  
Maria Fernanda de Oliveira  
Ana Maria Coulon Grisa  
Mara Zeni Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.8592017094**

### **CAPÍTULO 5..... 43**

#### **POLIURETANOS BIODEGRADÁVEIS: UMA ABORDAGEM DOS ELEMENTOS**

## ENVOLVIDOS NO PROCESSO DE SÍNTESE

Amanda Furtado Luna  
Andressa Lima Delfino  
Glenda Kélvia Ferreira Bezerra  
Domingos Rodrigues da Silva Filho  
Fernando da Silva Reis  
José Milton Elias de Matos

**DOI 10.22533/at.ed.8592017095**

## **CAPÍTULO 6..... 56**

### **CARACTERIZAÇÃO DA *PHORMIUM TENAX* PARA USO COMO REFORÇO EM COMPOSITO DE POLIPROPILENO**

Fábio Furtado  
Thais Helena Sydenstricker Flores-Sahagun  
Talita Szlapak Franco  
Harrison Lourenço Corrêa

**DOI 10.22533/at.ed.8592017096**

## **CAPÍTULO 7..... 67**

### **CARACTERIZAÇÃO DO HIDROGEL À BASE DE POLIACRILATO DE AMÔNIO E A SUA UTILIZAÇÃO NA ADUBAÇÃO POTÁSSICA DO TOMATEIRO**

Ivonete Oliveira Barcellos  
Raíssa dos Santos Conceição  
Ana Lúcia Bertarello Zeni

**DOI 10.22533/at.ed.8592017097**

## **CAPÍTULO 8..... 80**

### **PREPARAÇÃO E MEDIÇÃO DE PROPRIEDADES TÉRMICAS DO COMPOSITO EPÓXI - PZT**

Victor Ciro Solano Reynoso  
Edinilton Moraes Cavalcante

**DOI 10.22533/at.ed.8592017098**

## **CAPÍTULO 9..... 91**

### **CULTIVO DE *Aspergillus niger* EM ESTADO SÓLIDO EM BIORREATOR DE LEITO EMPACOTADO SEGUIDO DE EXTRAÇÃO DE ENZIMAS POR PERCOLAÇÃO**

Fernanda Perpétua Casciatori  
Natalia Alvarez Rodrigues  
Samuel Pratavieira de Oliveira  
Eric Takashi Katayama

**DOI 10.22533/at.ed.8592017099**

## **CAPÍTULO 10..... 104**

### **EFEITO DA TEMPERATURA NA ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO USANDO BAGAÇO DE MALTE *IN NATURA***

Renata Cândido Araújo de Lima  
Kevyn Zapelão  
Andréia Anschau

**DOI 10.22533/at.ed.85920170910**

**CAPÍTULO 11.....113**

**EFEITO DAS CONDIÇÕES DE REPROCESSAMENTO NA DEGRADAÇÃO DO POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE**

Lisete Cristine Scienza  
Amanda Vecila Cheffer de Araújo  
Haniel Marçal Kops Hubert  
Vinícius Martins  
Luis Henrique Alves Cândido  
Ademir José Zattera

**DOI 10.22533/at.ed.85920170911**

**CAPÍTULO 12..... 124**

**ENCAPSULAMENTO DE ZEÓLITA FERTILIZANTE UTILIZANDO BIOPOLÍMERO**

Suzana Frighetto Ferrarini  
Beatriz Bonetti  
Marta Eliza Hammerschmitt  
Camila Fensterseifer Galli  
Marçal José Rodrigues Pires

**DOI 10.22533/at.ed.85920170912**

**CAPÍTULO 13..... 135**

**ENVELHECIMENTO NATURAL: COMPARAÇÃO DE TECIDOS DE POLIETILENO DE ULTRA ALTA MASSA MOLAR APLICADOS EM PROTEÇÃO BALÍSTICA**

Vitor Hugo Cordeiro Konarzewski  
Ruth Marlene Campomanes Santana  
Edson Luiz Fancisquetti

**DOI 10.22533/at.ed.85920170913**

**CAPÍTULO 14..... 149**

**ESTUDO DA PRODUÇÃO DE PISOS DE BORRACHA SBR, E DE SILICONE, UTILIZANDO A BORRACHA DE SILICONE RECICLADA COMO CARGA**

Miriam Lucia Chiquetto Machado  
Blenda de Assunção Cardoso Gaspar  
Nilson Casimiro Pereira  
Max Filipe Silva Gonçalves  
Cícera Soares Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.85920170914**

**CAPÍTULO 15..... 162**

**SUPORTE HÍBRIDO CONTENDO Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> E QUITOSANA PARA IMOBILIZAÇÃO DA PAPAÍNA**

Aurileide Maria Bispo Frazão Soares  
Lizia Maria Oliveira Gonçalves  
Samuel de Macêdo Rocha  
Wallonilson Veras Rodrigues  
Anderson Fernando Magalhães dos Santos

Anderson Nogueira Mendes  
Welter Cantanhêde da Silva  
**DOI 10.22533/at.ed.85920170915**

**CAPÍTULO 16..... 177**

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE PÓS-CURA NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO COMPOSITO POLIMÉRICO NANOESTRUTURADO REFORÇADO COM ÓXIDO DE GRAFENO**

Marivaldo Batista dos Santos Junior  
Erica Cristina Almeida  
Alan Santos Oliveira  
Vaneide Gomes

**DOI 10.22533/at.ed.85920170916**

**CAPÍTULO 17..... 184**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO UTILIZANDO FIBRA DO MESOCARPO DO COCO *IN NATURA* E PRÉ-TRATADA COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO ALCALINO**

Isabela Nogueira Marques Ribeiro  
Geovanna Miranda Teixeira  
Emanuel Souza e Souza  
Êmile dos Santos Araujo  
Luciene Santos de Carvalho  
Luiz Antônio Magalhães Pontes  
Leila Maria Aguilera Campos

**DOI 10.22533/at.ed.85920170917**

**CAPÍTULO 18..... 197**

**MÉTODOS DE SÍNTESE E A CLASSIFICAÇÃO DOS POLIANIDRIDOS BIODEGRADÁVEIS**

Jairo dos Santos Trindade  
Vanessa Karen Ferreira dos Santos Guimarães  
José Milton Elias de Matos

**DOI 10.22533/at.ed.85920170918**

**CAPÍTULO 19..... 209**

**O USO DA BORRACHA DE PNEUS EM LIGANTES ASFÁLTICOS**

Matheus Borges Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.85920170919**

**CAPÍTULO 20..... 212**

**OBTENÇÃO DE CARVÃO ATIVADO DE CASCA DE SOJA E APLICAÇÕES EM PROCESSOS DE ADSORÇÃO**

Roberta Sorhaia Samayara Sousa Rocha de França  
Letícia Pinto  
Andréia Anschau

**DOI 10.22533/at.ed.85920170920**

<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>224</b>
PARTÍCULAS DE P(BA-CO-MMA)/PMMA CONTENDO ÁCIDO ITACÔNICO OBTIDAS ATRAVÉS DA COPOLIMERIZAÇÃO EM EMULSÃO	
Leonardo Zborowski Daniela Beirão Porto Jesus Roberto Taparelli Lucia Helena Innocentini Mei Diego de Holanda Saboya Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85920170921</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>236</b>
PECTINA: UM SUBPRODUTO VALIOSO DA INDÚSTRIA CITRÍCOLA	
Camila Souza da Mata Losque Patrícia Reis Pinto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85920170922</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>247</b>
PROJETO DE CERTIFICAÇÃO PARA PLÁSTICOS RECICLADOS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA: DE REFUGO A RECURSO	
Ormene Carvalho Coutinho Dorneles Daniel Coutinho Dorneles	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85920170923</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>258</b>
PROPRIEDADES DE COMPÓSITOS FABRICADOS COM RESÍDUO INDUSTRIAL, PROJETO E PROSPECÇÃO DE CUSTO DE PRODUÇÃO DE MOBILIÁRIO URBANO COM CONCEITO DE ECONOMIA CIRCULAR	
Fernanda Pereira de Castro Negreiros Paula Bertolino Sanvezzo Marcia Cristina Branciforti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85920170924</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>277</b>
PROPRIEDADES DE ESPUMAS DE POLI(URETANO-CO-ISOCIANURATO) BASEADAS EM DIFERENTES DIÓIS	
Thiago do Carmo Rufino José Giaretta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85920170925</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>292</b>
SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE SÍLICA MESOPOROSA E SEU POTENCIAL USO COMO ADSORVENTE NA DESCONTAMINAÇÃO DE EFLUENTES	
Cezar Augusto Moreira Matheus Devanir Custódio Jéssica de Lara Andrade Angélica Gonçalves Oliveira Edgardo Alfonso Gómez Pineda Ana Adelina Winkler Hechenleitner	

Daniela Martins Fernandes de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.85920170926**

**CAPÍTULO 27..... 307**

**USO DOS POLÍMEROS NA LIBERAÇÃO CONTROLADA DE MEDICAMENTOS  
PARA O TRATAMENTO DO CÂNCER**

Ingrid Ribeiro

Wanyr Romero Ferreira

Aline Pereira Leite Nunes

**DOI 10.22533/at.ed.85920170927**

**CAPÍTULO 28..... 315**

**INFLUÊNCIA DO HÍBRIDO NANOARGILA COM ÓLEOS ESSENCIAIS NA BLEND  
DE PEBD/ATP**

Marília Cheis Farina

Rafaela Reis Ferreira

Anderson Maia

Rondes Ferreira da Silva Torin

**DOI 10.22533/at.ed.85920170928**

**CAPÍTULO 29..... 322**

**EFEITO DA HOMOGENEIZAÇÃO À ALTA PRESSÃO NA ESTABILIZAÇÃO DE  
EMULSÕES OBTIDAS POR SISTEMAS DE BIOPOLÍMEROS WPC:ALG**

Kívia Mislaine Albano

Vania Regina Nicoletti

**DOI 10.22533/at.ed.85920170929**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 333**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 334**



## CARACTERIZAÇÃO DA *PHORMIUM TENAX* PARA USO COMO REFORÇO EM COMPÓSITO DE POLIPROPILENO

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 05/06/2020

### Fábio Furtado

Universidade Federal do Paraná  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/4981883802601095>

### Thais Helena Sydenstricker Flores-Sahagun

Universidade Federal do Paraná  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/1075695773132068>

### Talita Szlapak Franco

Universidade Federal do Paraná  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/2573597518459918>

### Harrison Lourenço Corrêa

Universidade Federal do Paraná  
Curitiba – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/1852858066847211>

**RESUMO:** A *Phormium tenax* é uma fibra vegetal hidrofílica pouco estudada e com boa resistência mecânica. Por causa disto, no presente trabalho foi realizada a caracterização química das folhas de *Phormium tenax* e suas fibras apresentaram 44,27% celulose, 13,20% de hemicelulose, 15,02% de lignina, 23,4% de extrativos totais e 4,11% de cinzas. Quanto aos seus nutrientes, o carbono com 72,2%, e o oxigênio com 22,5% constituem os elementos básicos da fibra. Seus macro e micronutrientes ajudam nas propriedades da fibra. A hidrofiliabilidade da fibra é de  $87,99 \pm$

2,56%. Essas características ao lado seu formato físico foliar a tornam uma boa alternativa para aplicação direta em compósitos poliméricos, com resistência mecânica e adicionar uma possível atividade antioxidante aos materiais compósitos feitos a partir dela.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hidrofiliabilidade, nutrientes, celulose, aspectos físicos.

### CHARACTERIZATION OF *PHORMIUM TENAX* FOR USE AS REINFORCEMENT IN PP COMPOSITES

**ABSTRACT:** Phormium tenax is a hydrophilic vegetal fiber little studied and with good mechanical resistance. Because of this, in the present work the chemical characterization of the leaves of Phormium tenax was carried out and its fibers presented 44.27% cellulose, 13.20% hemicellulose, 15.02% lignin, 23.4% of total extracts and 4.11% ash. As for its nutrients, carbon with 72.2% and oxygen with 22.5% are the basic elements of the fiber. Its macro and micronutrients help in the properties of the fiber. The hydrophilicity of the fiber is  $87.99 \pm 2.56$ . These characteristics alongside its physical leaf shape make it a good alternative for direct application in polymeric composites, with mechanical resistance and adding a possible antioxidant activity to the composite materials made from it.

**KEYWORDS:** Hydrophilicity, nutrients, cellulose, physical aspects.

## 1 | INTRODUÇÃO

Segundo Miraoui e Hassis (2012) as fibras vegetais quando comparadas às fibras tradicionais de vidro ou de materiais minerais inorgânicos, possuem diversas vantagens, dentre elas baixo custo, baixa densidade, menor abrasividade aos equipamentos, redução da agressão ao meio ambiente e biodegradabilidade. Ademais, fibras vegetais despertam o interesse no mercado, devido à economia de energia e possibilidade de serem recicladas quando inseridas em compósitos poliméricos após o fim de vida útil do componente (PERVAINZ; SAIN, 2003). O 15º Congresso Brasileiro de Polímeros (15º CBPol), sediado em Bento Gonçalves, RS, Brasil, durante os dias 27 e 31 de outubro, chamou a atenção para a necessidade de proteção ambiental, desenvolvimento de biocompósitos e pela busca de materiais que apresentem boas propriedades físicas e uma boa relação com o meio ambiente, com a redução de impactos negativos. Alguns estudos feitos com fibras vegetais são: taquara-lixia (*Merostachys skvortzovii Sendulsky*) (BORGES NETO, 2014), a fibra de coco (*Conus nucifera*) (RAMÍREZ, 2010), o capim-dos-pampas (*Cortaderia selloana*) (CALDONAZO, 2017), a jacitara (*Desmoncus polyacathos Mart.*) (SILVA, 2017) e a paina (*Chorisia speciosa*) (LEAL, 2018).

A *Phormium tenax*, conhecida em maori como *Harakeke* e em português como fórmio ou cânhamo-da-Nova-Zelândia; é uma fibra vegetal pertencente à família das *Hemerocallidaceæ*. Ela é oriunda da Nova Zelândia e ilhas adjacentes. Ela cresce espontaneamente em diversas situações, desde várzeas pantanosas a encostas de morros, com altitudes variando desde o nível do mar até 1.200 m (MEDINA; AGUIRRE; CORREIA, 1947). Ela é uma planta vigorosa com rizomas bem desenvolvidos, classificada como folhagem pelos jardineiros, apresentando variedades de folhas avermelhadas, verdes ou variegadas (usada para fins ornamentais). Ela se adapta aos climas equatorial, oceânico, subtropical e tropical (PATRO, 2014).

Algumas aplicações de suas fibras podem ser encontradas, como em compósitos de resina epóxi reforçados por fibras polpadas de *Phormium tenax* (GUEN; NEWMAN, 2007; ROSA) ou com fibras *in natura* (SANTULLI; SARASINI, 2010) ou como reforço em compósitos de polipropileno (SILVA et al., 2018; PUGLIA et al., 2013). Sua composição é dependente da área de crescimento, das condições climáticas, da idade da planta e do modo de processamento e extração de suas fibras (ROSA; SARASINI; SANTULLI, 2010). Por esse motivo, o objetivo deste trabalho é caracterizar as propriedades das folhas de *Phormium tenax* para uso como reforço de compósitos de polipropileno e verificar a viabilidade do material em aplicações estruturais.

## 2 | EXPERIMENTAL

As amostras de folhas de *Phormium tenax* são provenientes da cidade de Quatro Barras, Paraná. Ela se situa a uma altitude acima de 900 m, com latitude aproximada de 25° Sul e longitude de aproximadamente 49° Oeste, cujo clima é subtropical. A coleta ocorreu na primeira semana de outubro de 2018, na estação da primavera no hemisfério Sul e em uma época de chuvas frequentes. O processo de secagem das folhas foi feita naturalmente em exposição ao sol durante dois meses. As amostras foram preparadas de acordo com os procedimentos da norma TAPPI T257 sp-14 (TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY, 2014). Uma folha da fibra foi cortada manualmente em pedaços e então moída em moinho de facas da marca Marconi. A serragem dela utilizada no experimento foi aquela retida pela peneira malha 60. Para o teor de umidade foi usada a norma TAPPI T264 cm-97 (TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY, 1997); para o teor de cinzas a norma TAPPI T211 om-16 (TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY, 2016); para os extrativos totais a norma TAPPI T204 cm-17 (TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY, 2017) e para a lignina Klason ou lignina insolúvel a norma TAPPI T222 om-15 (TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY, 2015). Para a lignina solúvel foi usado o método de Goldschimid (1971), com o conteúdo filtrado aferido em 1.000 ml de água destilada por espectroscopia de ultravioleta. O equipamento utilizado foi um espectômetro UV1800, da Shimadzu e o *software* UV Probe Photometric, versão Probe 2.33. A lignina total é a soma da lignina solúvel com a insolúvel. Os teores de celulose e hemicelulose foram determinados pela norma NREL/TP510 (NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY, 2012) foi utilizado o cromatógrafo Shimadzu modelo LC10AD em coluna Rezex e foi usado o software Lansolution da Shimadzu. O teste de hidrofobicidade da *Phormium tenax* foi realizado conforme o experimento de Ribeiro, Rubio e Smith (2003). O experimento foi realizado no Laboratório de Polímeros do Departamento de Engenharia Mecânica da UFPR. A serragem da *Phormium tenax* utilizada foi a que ficou retida entre as peneiras malha 40 e 60. Ela foi secada em estufa a 100 °C por 24 horas. Para o experimento foi utilizado um grama da fibra pesada em balança digital, 20 ml de água destilada e 10 ml de hexano. A água destilada e o hexano foram acondicionados em um béquer e em seguida a serragem foi adicionada. A mistura foi agitada manual e ininterruptamente por três minutos e, cessada a agitação, mantida em repouso por cinco minutos. Passado o período de repouso, o material aderido ao óleo foi recolhido com a ajuda de uma espátula de aço inox e depositado em um pequeno recipiente de vidro, enquanto o material aderido à água foi mantido no béquer. Ambos os materiais foram mantidos em estufa aquecida a 100 °C durante 24 horas. Decorrida às 24 horas, as amostras

foram pesadas em balança digital. O experimento foi realizado em quadruplicata e para a definição do percentual de hidrofobicidade foi utilizada a equação (1), sendo  $m$  a massa da fibra em g, conforme o subíndice aderido ao óleo e à água:

$$\% \text{ de hidrofobicidade} = \frac{m_{\text{fibra em óleo}}}{m_{\text{fibra em água}} + m_{\text{fibra em óleo}}} \times 100 \quad (1)$$

A *Phormium tenax* foi submetida a ensaios de espectroscopia por energia dispersiva de raios-X (EDS) com o objetivo de verificar a presença de elementos, sais minerais presentes na composição das cinzas, para analisar posteriormente a influência deles nas propriedades dos compósitos. O equipamento usado para o EDS foi o microscópio da marca Tescan, modelo VEGA3, com uma tensão elétrica de aceleração entre 10 e 20 kV. A EDS durou entre cinco a dez minutos. A caracterização química foi realizada em triplicata, enquanto que o teste de hidrofobicidade e a EDS em quadruplicata.

### 3 | RESULTADO E DISCUSSÃO

Conforme Barbosa (2011) e Franco (2010), as fibras vegetais são estruturas alongadas de secção transversal vazada com geometria aparentemente uniforme e com pequeno diâmetro em relação ao comprimento e que uma de suas possíveis classificações é o de folhas, isto é, são originárias das folhas. Em geral, uma folha pode ser constituída de inúmeras fibras conjuntas, estruturas alongadas que formam feixes de fibras, como vistas na FIGURA 1. Cada marca de linha representa uma fibra e juntas formam um feixe de fibras, fazendo com que quando seca a superfície fique rugosa.



Esc. 1:3,7 mm

FIGURA 1 – Aspecto visual de uma folha seca de *Phormium tenax* cortada em pedaços iguais

Fonte: Os autores, 2020.

As folhas de *Phormium tenax* costumam ser formadas por duas regiões, na qual a primeira é a base formada por bordas dobradas, denominada pecíolo ( $l$ ), e

a segunda a seção ereta, ou seja, região em que as bordas estão abertas e retas (MEDINA; AGUIRRE JÚNIOR; CORREIA, 1947). Juntas as duas seções formam o comprimento da folha ( $h$ ) conforme FIGURA 2. Seguindo a escala da figura, o comprimento do pecíolo da folha foi de aproximadamente 0,75 m e o comprimento total em torno de 1,96 m. As folhas podem ser maiores e o comprimento médio das folhas é superior a 1,75 m [10].

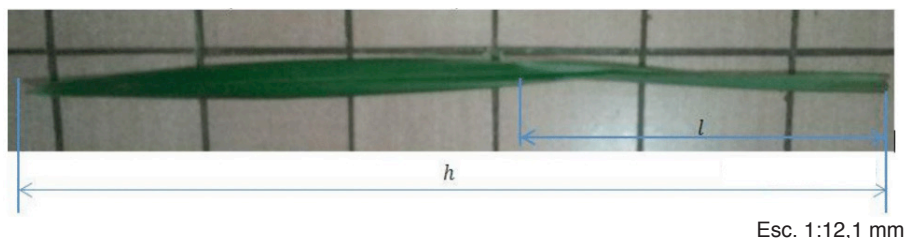


FIGURA 2 – Aspecto visual de uma folha *in natura* integral antes de passar pela secagem

Fonte: Os autores, 2020.

Outros aspectos visuais importantes são a geometria e a formação estrutural da fibra. Da seção estrutural participam o comprimento e a largura celular, a espessura, a geometria e o ângulo espiral (também chamado de ângulo de convolução ou fibrilar) (BLEDZKI; REIHMANE; GASSAN, 1996). Embora Bledzki, Reihmane e Gassan (1996) analisassem esses aspectos em nível fibrilar e celular, é possível analisar em um nível macroscópico a presença da formação desses parâmetros. Na FIGURA 3 é possível visualizar o ângulo de convolução da *Phormium tenax* pelo efeito espiralado da borda se enrolando para dentro de si.



Esc: 1:1 mm

FIGURA 3 – Aspecto visual do ângulo de convolução (espiral) de seções de uma folha de *Phormium tenax*.

Fonte: Os autores, 2020.

Os resultados mostrados na TABELA 1 correspondem à média da triplicata das análises com o desvio padrão. O teor de umidade foi em torno de 11%, sendo este valor influenciado pelas condições climáticas bem como de armazenamento do material (MAYANDI et al., 2016). Por ser considerada uma gramínea, o valor de 4,11% de cinzas se encontra dentro da média encontrada por Accioly (1974), que ao analisar 100 gramíneas e encontrar em 79% delas teores de cinza entre 4,01-8%. A *Phormium tenax* apresentou o maior teor de extrativos totais (23,4%) na TABELA 1. Uma possível explicação para isso é por ela ser planta arbustiva folhosa susceptível ao ataque por insetos, fungos e outros patógenos (WEHI; CLARKSON, 2007). Os extrativos fazem parte da fração não estrutural e que pode ser facilmente removida por água ou outros solventes; herbáceas apresentam uma maior quantidade destes materiais do que lenhosas, sendo por esta razão, mais fácil o pré-tratamento destes materiais para posteriores aplicações (SLUITER et al., 2010). Os macroconstituintes das fibras vegetais são a fração celulósica, ou seja, 44,27% ± 0,97% de celulose e 13,2% ± 0,31% de hemicelulose e a lignina. Estes componentes apresentam uma função estrutural na planta, formada por feixes de microfibrilas de celulose envolvidos por lignina para sua adesão e sustentação. O teor de lignina da fibra de *Phormium tenax* é o menor em relação às demais fibras mostradas na TABELA 1. Trabalhos feitos com compósitos reforçados por fibras de *Phormium tenax in natura* mostram que a adição de 20% de fibras em disposição unidirecional promoveu aumentos significativos nos módulos de elasticidade e resistência à tração quando comparados com puro epóxi (ROSA; SANTULLI; SARASINI, 2010). Compósitos de resina epóxi reforçados com fibras polpadas de *Phormium tenax* apresentaram um aumento de módulo de elasticidade e resistência mecânica com o aumento do teor de fibras (GUEN; NEWMAN, 2007).

Amostra	Extrativos totais (%), em etanol/tolueno (%), em etanol (%)	Lignina (%)	Umidade (%)	Cinzas (%)
<i>Phormium Tenax</i>	23,40 ± 0,10; 10,90 ± 0,17; 1,87 ± 0,17	15,02 ± 0,61	10,99 ± 0,07	4,11 ± 0,01
Capim-dos-Pampas	7,00 ± 0,50; 5,00 ± 1,00; 0,90 ± 0,50	20,00 ± 0,80	14,00 ± 1,00	4,10 ± 0,03
Paina	2,86 ± 0,47; 2,10 ± 0,35; 1,05 ± 0,63	16,20 ± 2,50	10,00 ± 0,10	0,85 ± 0,03
Jacitara	3,98 ± 1,00; 3,07 ± 0,23; 0,91 ± 0,52	16,45 ± 0,44	19,09 ± 0,99	1,27 ± 0,02
Coco	5,82 (RAMÍREZ, 2010)	35,60 (RAMÍREZ, 2010)	7,60 (PAZ et al., 2018)	1,25 (RAMÍREZ, 2010)

TABELA 1 – Composição química de algumas fibras vegetais

Fonte: Os autores, 2019.

O teste de hidrofobicidade serviu para analisar a necessidade de uso de compatibilizante e as características da fibra, como na produção de nanocompósitos, uma vez que o comportamento hidrofóbico da fibra favorece essas duas condições, pois segundo Santos, Flores-Sahagun e Satyanarayana (SANTOS; FLORES-SAHAGUN; SATYANARAYANA, 2015) há uma fraca compatibilidade entre o material lignocelulósico hidrofílico com o polímero hidrofóbico. A análise da hidrofobicidade feita nesta pesquisa aponta para uma porção hidrofílica de  $(87,99 \pm 2,56)\%$  contra uma porção hidrofóbica de  $(11,20 \pm 2,56)\%$ , completando uma porção analisada de 99,19%, com uma perda média de material da análise de 0,81%. Com isso, confirma-se a natureza hidrofílica da fibra. A sua natureza hidrofílica também aponta para a alta presença de grupos hidroxílicos higroscópicos, absorção de água nos compósitos e interferência na interface reforço e matriz, sendo que a água pode se difundir pelos defeitos dessa interface (SANTOS, FLORES-SAHAGUN, SATYANARAYANA, 2015). A natureza morfológica da *Phormium tenax* explicada por Rosa, Santulli e Sarasini (2010) ajuda a entender a natureza hidrofílica da fibra, pois eles indicam que na região central da folha as células são relativamente largas de paredes finas, cujas células são conhecidas como tecidos vasculares que permitem a livre circulação de fluídos no interior da fibra. Esta é uma região mais ampla, enquanto que na superfície externa da parede celular se concentram os componentes não celulósicos hidrofóbicos, como ceras, gorduras e impurezas que funcionam como camadas protetivas sobre a superfície da fibra, presentes em menor quantidade. Uma propriedade que se pode esperar para a *Phormium tenax* tanto por ela apresentar um alto teor de extrativos totais quanto pela sua natureza hidrofílica é de seus compósitos apresentarem uma grande atividade antioxidante.

A TABELA 2 ilustra os sais minerais, isto é, os nutrientes encontrados na fibra de *Phormium tenax*. Ao todo foram encontrados doze elementos químicos presentes na fibra *in natura*, sendo que a presença de alumínio não é um indicador benéfico à planta, pois pode indicar que o solo em que ela foi cultivada sofre de acidez, cujo pH é inferior a 5,0 para essa condição e que pode limitar o crescimento das plantas pela redução da absorção de nutrientes. Como a concentração de alumínio na fibra foi baixa não houve comprometimento no crescimento da planta e ainda que ela fosse alta, algumas plantas podem ser resistentes às suas altas concentrações (MIGUEL et al., 2010). O carbono e o oxigênio são os dois elementos não minerais essenciais encontrados em maior quantidade.

Elementos	Composição (%)
Carbono	72,2
Oxigênio	22,5
Potássio	0,1
Cálcio	<0,1
Fósforo	<0,1
Enxofre	<0,1
Manganês	<0,1
Cloro	<0,1
Ferro	<0,1
Silício	<0,1
Alumínio	<0,1
Magnésio	<0,1

TABELA 2 - Nutrientes encontrados na *Phormium tenax*

Fonte: Os autores, 2020.

Os demais componentes encontrados na fibra correspondem aos macronutrientes, com destaque para o potássio, e os micronutrientes. Os macronutrientes são necessários para a parte estrutural da planta, concedendo-a sustentação. Dos micronutrientes participam o ferro e o cloro, que atuam nas enzimas e cumprem uma função reguladora na planta; e o silício, que é um elemento benéfico que favorece o crescimento da fibra (NUNES, 2016). Dos macronutrientes participam o cálcio, que fortalece todos os órgãos da planta, bem como suas raízes e folhas, é um componente da parede celular vegetal, ativa a amilase e mantém a estrutura da planta; o fósforo, que atua na produção de energia, respiração, divisão celular e processos metabólicos da planta; o enxofre, que compõe as proteínas, alguns aminoácidos essenciais ao metabolismo energético e intervém na síntese de compostos orgânicos; o magnésio, que integra a molécula da clorofila e está diretamente ligado ao metabolismo energético da planta; e o potássio, que ativa as funções enzimáticas e mantém a turgidez celular, atuando no crescimento vegetal. Com relação ao manganês, ele é um ativador enzimático que controla reações de oxirredução essenciais à fotossíntese e síntese de clorofila (NUNES, 2016). A presença destes nutrientes interfere na qualidade das propriedades físicas e mecânicas da fibra e, por consequência, podem atuar direta e indiretamente nas propriedades dos compósitos poliméricos reforçados pela *Phormium tenax*.

## 4 | CONCLUSÕES

Dadas as propriedades preliminares levantadas por esta pesquisa, bem



como o formato físico aliado à composição química, com elevado teor de celulose e extrativos totais e a participação dos seus macro e micronutrientes, as fibras de *Phormium tenax*, demonstram ser uma boa alternativa como reforço físico na formulação de compósitos poliméricos de polipropileno. O material compósito ainda pode conter possíveis atividades antioxidantes. No entanto, dado a sua alta hidrofiliabilidade, é possível esperar uma alta taxa de absorção de água por parte de seus compósitos e também a interferência na adesão com a matriz de polipropileno, devido à formação de possíveis poros resultantes da evaporação da água durante o processamento do material e também pela menor adesão entre a fibra hidrofílica e a matriz hidrofóbica.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pela concessão de bolsa de mestrado para o autor principal; ao Professor Dr. Alan Sulato de Andrade da Universidade Federal do Paraná pelo apoio prestado para a realização das análises químicas; ao Engenheiro Florestal Eraldo Bonfatti Júnior por disponibilizar as normas técnicas e pelos demais laboratoristas que ajudaram com as análises.

## REFERÊNCIAS

ACCIOLY, J. C. Cinzas em gramíneas coletadas em Fortaleza, Ceará, Brasil. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza (Ceará), v. 4, n. 1-2, p. 35-41, 1974.

BARBOSA, A. P. **Características estruturais e propriedades de compósitos poliméricos reforçados com fibras de buriti**. 2011. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes (Rio de Janeiro), 2011.

BLEDZKI, A. K.; REIHMANN, S.; GASSAN, J. Properties and Modification Methods for Vegetable Fibers for Natural Fiber Composites. **Journal for Applied Polymer Science**, Nova Iorque (Estados Unidos), v. 59, n. 1, p. 1.329-1.336, 1996.

BORGES NETO, C. **Desenvolvimento de compósitos de resina epóxi e fibras de taquaralixa (*merostachys skvortzovii sendulsky*), para aplicações estruturais**. 2014. 217 f. Tese (Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (Paraná), 2014.

CALDONAZO, A. **Obtenção de nanocelulose de capim dos pampas e aplicação como reforço em compósitos baseados em PVA**. 2017. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (Paraná), 2017.

FRANCO, F. J. P. **Aproveitamento da fibra do epicarpo do coco babaçu em compósito com matriz de epóxi: estudo do efeito do tratamento da fibra**. 2010, 77 f. Dissertação (Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal (Rio Grande do Norte), 2010.

GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWIG, C. H. **Lignins: occurrence, formation, structure and reactions**. Nova Iorque (Estados Unidos): John Wiley & Sons, 1971. p. 241-266.

GUEN, M. J.; NEWMAN, R. H. Pulped *Phormium tenax* leaf fibres as reinforcement for epoxy composites. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, Londres (Inglaterra), v. 38, n.1, p. 2.109-2.115, 2007.

LEAL, M. R. **Preparação e caracterização de nanofibras de celulose obtidas a partir da fibra de paina e avaliação em compósitos de poli(acetato de vinila) – PVAC**. 2018. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (Paraná), 2018.

MAYANDI K et al. Extraction and characterization of new natural lignocellulosic fiber *Cyperus pangorei*. **International Journal of Polymer Analysis and Characterization**, Londres (Inglaterra), v. 21, n. 2, p. 175-183, 2016.

MEDINA, J. C.; AGUIRRE JÚNIOR, J. M.; CORREIA, F. A. Estudo Agrícola-Tecnológico de Diversas Variedades de *Phormium tenax* Forster. **Bragantia Boletim Técnico da Divisão de Experimentação e Pesquisas Instituto Agrônomo**, Campinas (São Paulo), v. 7, n. 11-12, p. 231-241, nov./dez. 1947.

MIGUEL, P. S. B. et al. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e efeitos genéticos. **CES Revista**, Juiz de Fora (Minas Gerais), v. 24, s.n., 2010.

MIRAQUI, I.; HASSIS, H. Mechanical model for vegetal fibers-reinforced composite materials. **Physics Procedia**, Tunes (Tunísia), v. 25, n. 1, p. 130-136, 2012.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY, **NREL TP/510**: Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass. Denver (Estados Unidos), 2012.

NUNES, J. L. S. Nutrientes. **Agrolink**, Porto Alegre (Rio Grande do Sul), 12 set. 2016. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes\\_361443.html#](https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes_361443.html#)>. Acesso em: 02 jan. 2020.

PATRO, R. **Fórmio – Phormium tenax**. Curitiba (Paraná), 2014. Disponível em: <<https://www.jardineiro.net/plantas/formio-phormium-tenax.html>>. Acesso em: 22 out. 2018.

PAZ E. C. S. et al. Proceedings of the VII Brazilian Congress of Solar Energy; 2018 Apr. 17-20; Gramado, RS, Brazil.

PERVAINZ, M.; SAIN, M. M. Carbon storage potential in natural fiber composites. **Resources, Conservation & Recycling**, Toronto (Canadá), v. 39, n.1, p. 325-340, 2003.

PUGLIA, D. et al. Thermal and Mechanical characterization of *Phormium tenax* reinforced polypropylene composites. **Journal of Thermoplastic Materials**, Londres (Inglaterra), v. 27, n. 11, p. 1493-1503, 2013.

- RAMÍREZ, M. G. L. *et al.* Preparation and characterization of biodegradable composites based on Brazilian cassava starch, corn starch and green coconut fibers. **Matéria**, Rio de Janeiro (RJ), v. 15, n. 2, p. 330-337, 2010.
- RIBEIRO, T. H.; RUBIO, J.; SMITH, R. W. A Dried Hydrophobic Aquaphyte as an Oil Filter for Oil/Water Emulsions. **Spill Science & Technology Bulletin**, Londres (Inglaterra), v. 8, n.5-6, p. 483-489, 2003.
- ROSA, I. M.; SANTULLI, C.; SARASINI, F. Mechanical and thermal characterization of epoxy composites reinforced with random and quasi-unidirectional untreated *Phormium tenax* leaf fibers. **Materials and Design**, Londres (Inglaterra), v. 5, n.31, p. 2.397 – 2.405, 2010.
- SANTOS, L. P.; FLORES-SAHAGUN, T. H. S.; SATYANARAYANA, K. G. Effect of processing parameters on the properties of polypropylene–sawdust composites. **Journal of Composite Materials**, San Diego (Estados Unidos), v. 30, n.49, p. 3.727-3.740, 2015.
- ŞEN, A. *et al.* Chemical composition and cellular structure of ponytail palm (*Beaucarnea recurvata*) cork. **Pereira Industrial Crops & Products**, v. 124, n. 1, p. 845-855, 2018.
- SILVA, J. M. **Compósitos de poliacetato de vinila (PVAc) contendo nanofibras de celulose obtidas a partir da fibra de jacitara (*Desmoncus polyacathos* Mart.)**. 2017. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (Paraná), 2017.
- SILVA, W. D. M. *et al.* Evaluation of *Phormium Cookianum* Fibers as Reinforcements for Polypropylene-based Composites. **Journal of Natural Fibers**, Oxford (Inglaterra), v. 4, n. 16, p. 1-9, 2018.
- SLUITER, J. B. *et al.* Compositional Analysis of Lignocellulosic Feedstocks 1. Review and Description of Methods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington (Estados Unidos), v. 58, n. 16, p. 9.043-9.053, 2010.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY, **TAPPI T204 cm-17**: Solvent Extractives of Wood and Pulp. Atlanta (Estados Unidos), 2017.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY, **TAPPI 211 om-16**: Ash in Wood, Pulp, Paper and Paperboard: Combustion at 525 °C. Atlanta (Estados Unidos), 2016.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY, **TAPPI T222 om-15**: Acid-Insoluble Lignin in Wood and Pulp. Atlanta (Estados Unidos), 2015.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY, **TAPPI T257 sp-14**: Sampling and Preparing Wood for Analyses. Atlanta (Estados Unidos), 2014.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY, **TAPPI T264 cm-97**: Preparation of Wood for Chemical Analyses. Atlanta (Estados Unidos), 1997.
- WEHI, P. M.; CLARKSON, B. D. Biological flora of New Zealand 10. *Phormium tenax*, Harakeke, New Zealand flax. **New Zealand Journal of Botany**, Waikato (Nova Zelândia), v. 4, n. 45, p. 521-544, 2007.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adsorção 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 174, 184, 185, 187, 188, 190, 191, 192, 193, 195, 196, 212, 213, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 292, 293, 294, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303

Alginato de sódio 322, 323, 324, 325

Asfalto-borracha 209

Ativação química 14, 15, 19, 212, 214, 215, 223

Azul de metileno 1, 4, 12, 13, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 184, 185, 187, 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 215, 217, 218, 220, 221, 222, 223, 295, 299

### B

Bagaço de uva 1, 3, 4, 6, 11, 12

Biodegradável 24, 25, 43, 44, 46, 49, 110, 114, 126, 198, 202, 203, 206, 236, 310, 315

Biomassa lignocelulósica 184, 186

Biorreator de leite empacotado 91, 101

Biossorção 24, 104, 110, 111, 186, 212, 223

Borracha de silicone 149, 151, 152, 153, 157, 158, 159, 160, 161

Borracha SBR 149, 153

### C

Câncer 203, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313

Cápsulas de zeólita fertilizante 124

Caracterização térmica 90, 282

Carboximetilação 24, 25, 26, 28, 30

Chitosan 13, 24, 125, 134, 162, 163, 174, 175, 176, 195, 312, 313

Coacervação complexa 322

Comportamento reológico de emulsões 322, 329, 332

Compósito 41, 56, 64, 80, 81, 82, 83, 87, 90, 124, 129, 132, 177, 178, 179, 180, 182, 183, 203, 260, 261, 272, 273

Corante 1, 4, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 21, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 184, 185, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 217, 218, 221, 222, 223, 292, 295, 296, 298, 299, 300, 301, 302, 303

## **E**

Economia circular 45, 247, 251, 254, 255, 256, 258, 260, 261, 263, 270, 274, 275

Efluente têxtil 104

Envelhecimento natural 135, 138, 143, 144, 145, 258, 262, 265, 266, 267, 268, 269, 274

Enzymatic Immobilization 163

Epóxi-PZT 80, 82

Eugenol 315, 316, 320, 321

Extração de enzimas 91

Extrusão 113, 115, 116, 118, 119, 261, 263, 272, 273

## **G**

Geleificantes 236

## **H**

Hidrofilicidade 56, 64

Hidrogéis 67, 68, 69

## **I**

Insumo agrícola 67

## **L**

Liberação controlada de medicamentos 198, 307, 309

Ligantes asfálticos 209

## **M**

Montmorilonita 127, 315, 316

## **O**

Óxido de grafeno 177, 178, 179, 182

## **P**

Papain 162, 163, 175, 176

Partículas core-shell 224, 225

PEAD 113, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122

Pectina 214, 236, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 328

PEUAM 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146

Poliacrilatos 67, 73, 78

Poliisocianurato 277, 278

Polimerização em emulsão 224, 225, 228, 235  
Poliol 43, 45, 46, 47, 49, 50, 279, 280, 281, 283, 287  
Poliuretano 32, 33, 40, 41, 42, 45, 47, 48, 50, 51, 277  
Prospecção de custo de produção 258

## **R**

Resíduo agroindustrial 11, 14, 16, 21, 213  
Resíduos 1, 3, 4, 12, 14, 15, 17, 21, 32, 33, 40, 41, 44, 52, 78, 93, 102, 106, 111, 113, 125, 134, 150, 151, 152, 153, 156, 157, 158, 159, 160, 184, 186, 187, 195, 212, 219, 223, 227, 240, 241, 246, 251, 256, 258, 259, 260, 261, 275, 321, 333  
Retardante de chamas 33

## **S**

Sílica mesoporosa 292, 293, 294, 295, 303  
Sulfatação 24, 25, 26

## **U**

Ultrassom 14, 16, 17, 19, 20, 21, 179, 180, 308, 324, 326, 332  
Uso de Biopolímero 124

# A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável



[www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)



[contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)



[@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora)



[www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)

# A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável



[www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)



[contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)



[@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora)



[www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)