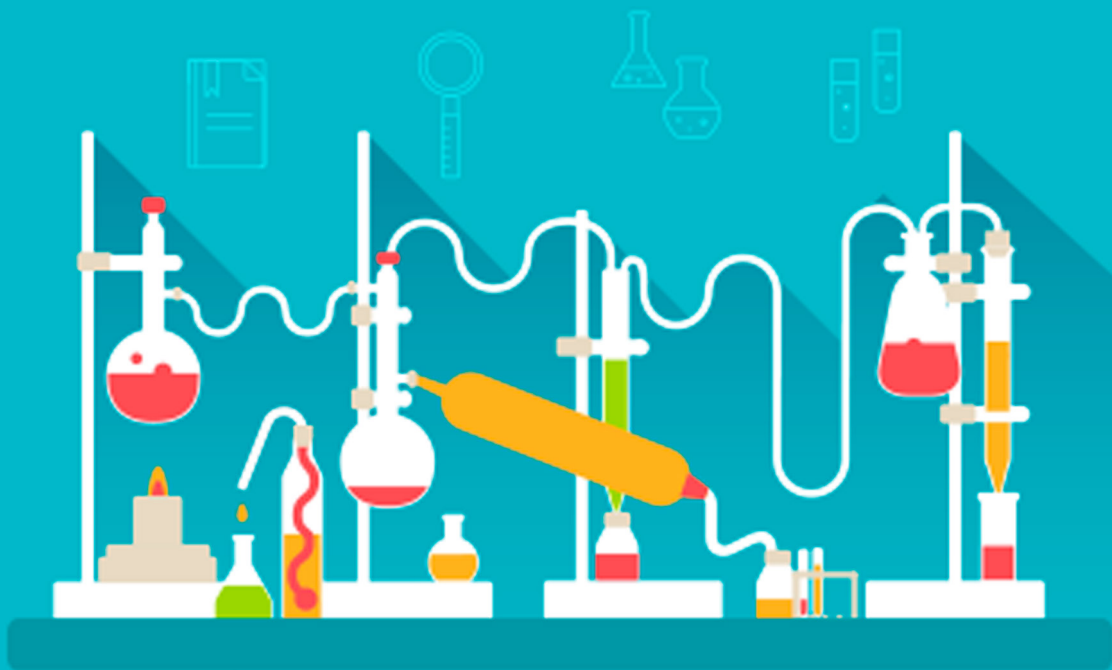


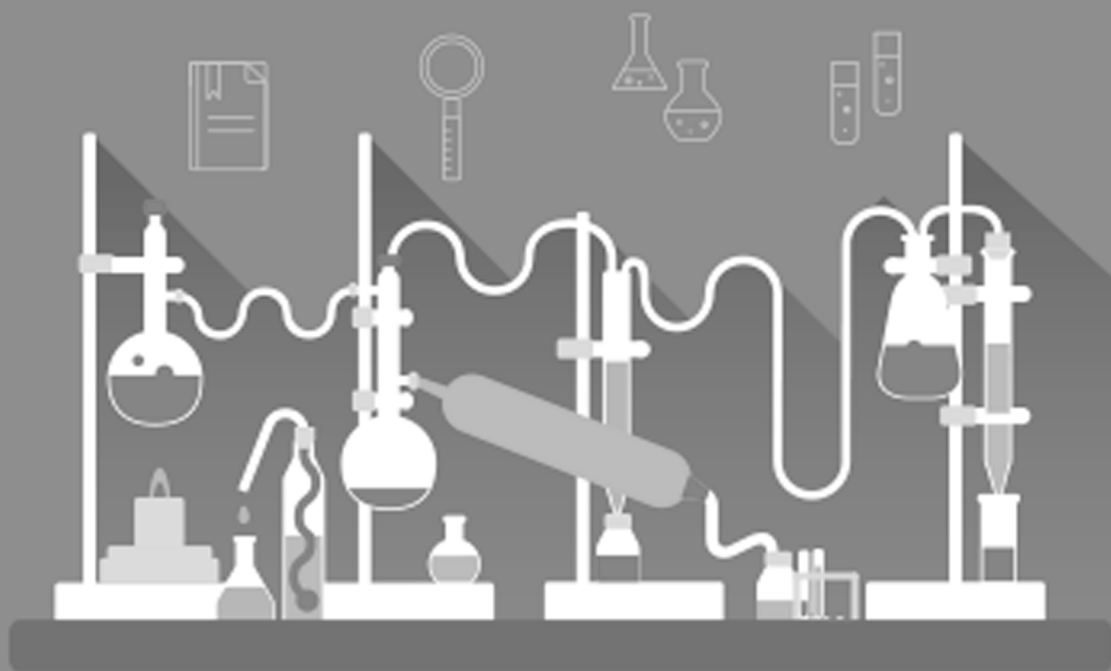
# A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável



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 Andreza 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. Lillian 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  
Hariel 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**



## PARTÍCULAS DE P(BA-CO-MMA)/PMMA CONTENDO ÁCIDO ITACÔNICO OBTIDAS ATRAVÉS DA COPOLIMERIZAÇÃO EM EMULSÃO

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 01/06/2020

### Leonardo Zborowski

Universidade Estadual de Campinas  
UNICAMP  
Campinas - SP

### Daniela Beirão Porto

Universidade Estadual de Campinas  
UNICAMP  
Campinas - SP

### Jesus Roberto Taparelli

Universidade Estadual de Campinas  
UNICAMP  
Campinas - SP

### Lucia Helena Innocentini Mei

Universidade Estadual de Campinas  
UNICAMP  
Campinas - SP

### Diego de Holanda Saboya Souza

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
UFRJ  
Rio de Janeiro – RJ

**RESUMO:** Um modo de redução do impacto ambiental relacionado a polímeros é o uso de monômeros obtidos a partir de fontes renováveis, entre os quais está o ácido itacônico, utilizado, entre outras aplicações, na polimerização em emulsão. Neste trabalho, foram obtidas partículas core-shell de poli(acrilato de butila-co-metacrilato de metila)/poli(metacrilato de metila) podendo

conter ácido itacônico. Os látices resultantes foram coagulados, secos e os polímeros secos foram caracterizados por teor de gel, além de suas propriedades térmicas e reológicas. Com a presença de ácido itacônico, houve aumento do teor de gel devido a um favorecimento na transferência de cadeia, além de aumento na estabilidade térmica e valores das propriedades reológicas, resultado do aumento da rigidez e da polaridade das cadeias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Partículas core-shell, ácido itacônico, polimerização em emulsão.

### P(BA-CO-MMA)/PMMA PARTICLES WITH ITACONIC ACID OBTAINED THROUGH EMULSION COPOLYMERIZATION

**ABSTRACT:** One manner of environmental impact reduction related to polymers is using monomers obtained from renewable sources, among them itaconic acid, used, among other applications, in emulsion polymerization. In this report, core-shell particles of poly (butyl acrylate-methyl methacrylate)/poly (methyl methacrylate) were obtained and may contain itaconic acid. Resulting coagulated, dried and resulting polymers were characterized by gel content, and in their thermal and rheological properties. With the presence of itaconic acid, there was a increase of the gel content due to increase in chain transfer, and also an increase in the thermal stability and rheological properties values, results of increase in chains rigidity and polarity.

**KEYWORDS:** Core-shell particles, itaconic acid, emulsion polymerization.

## 1 | INTRODUÇÃO

Com o aumento da procura por matérias-primas obtidas a partir de fontes renováveis, estimularam-se a obtenção e utilização de produtos químicos obtidos por produtos agropecuários. Um exemplo desses produtos é o ácido itacônico (Willke e Vorlop, 2004; Lee, *et. al.*, 2011), agente funcionalizante que encontra aplicação na fabricação de compostos bioativos para os setores agrícola, farmacêutico e medicinal (Okabe, *et. al.*, 2009; Vickers, *et. al.*, 2012). Além disso, é utilizado na polimerização em emulsão, que, por sua vez, é uma técnica de polimerização aplicada na produção de vários materiais poliméricos para diversos setores, tais como papel e celulose, tintas, revestimentos e química na construção civil, têxtil, adesivos, não-tecidos, tubos e conexões de PVC, plásticos de engenharia, entre outros (Barabadian, *et. al.*, 2007). Há trabalhos utilizando este ácido como elemento de funcionalização visando melhor compatibilização com outros polímeros (Mendizábal *et. al.*, 1999) ou visando a melhoria de propriedades do polímero obtido em comparação a um polímero sem funcionalização (Aguiar, *et. al.*, 1999; Rabelero, *et. al.*, 2013). No entanto, ainda há poucas publicações relacionadas a sua influência durante a polimerização em emulsão (Oliveira, *et. al.*, 2006; Mengmeng *et. al.*, 2008; Liu, *et. al.*, 2009). Assim sendo, tem-se por objetivo, com este trabalho, analisar a influência da presença do ácido itacônico na formação de partículas core-shell de poli(BA-co-MMA)/PMMA e em suas propriedades.

## 2 | EXPERIMENTAL

### 2.1 Materiais

Acrilato de butila, metacrilato de metila, persulfato de amônio, acetato de sódio, e biocida foram fornecidos pela Oswaldo Cruz Química (OCQ) e ácido itacônico, pela Vetta Química. Os surfactantes usados foram: Sipomer COPS-I (1-aliloxi-2-hidroxiopropano sulfonato de sódio), fornecido pela Rhodia S. A. e Hostapal BVQ-9, alquilaril poliglicol éter sulfato de sódio, fornecido pela Clariant S. A. Trigonox AW 70, hidroperóxido de terc-butila, foi fornecido pela Akso Nobel S.A.; e Rongalit C, hidroximetilsulfonato de sódio, agente redutor, pela BASF S. A..

### 2.2 Polimerização em Emulsão

A polimerização em emulsão foi realizada em um reator de aço inoxidável, com capacidade máxima de 2,0 L e equipado com um agitador IKA RW 20, termopar do tipo K Gulterm 1200, da Gultron; coluna de refluxo; coluna graduada com válvula de controle de vazão para alimentação da emulsão e um banho termostático MA 159 da Marconi. A preparação da emulsão foi realizada em um béquer de 2000

ml com agitador RW 18 S6 da IKA. As formulações das emulsões utilizadas estão apresentadas na Tabela 1.

	Core-Shell 1		Core-Shell 2		Core-Shell 3	
Temperatura (°C)	75		85		85	
Componentes (g)	Core	Shell	Core	Shell	Core	Shell
Água	264,98	113,56	264,98	113,56	264,98	113,56
Hostapal BVQ-9	41,83	17,93	41,83	17,93	41,83	17,93
Sipomer COPS-1	2,13	0,91	2,13	0,91	2,13	0,91
Acrilato de Butila	514,8	0	514,8	0	535,50	0
Metacrilato de Metila	90,72	259,2	90,72	259,2	94,50	270
Ácido Itacônico	25,20	10,8	25,2	10,8	0	0

Tabela 1. Formulações das emulsões dos sistemas core-shell P(BA-co-MMA/PMMA).

A polimerização foi realizada em duas etapas de acordo com o procedimento apresentado em trabalho anterior (Zborowski, *et. al.*, 2019). Na primeira etapa, para formação do núcleo, colocou-se a solução core 1 (251,07 g de água, 2,51 g de acetato de sódio e 0,18 g de persulfato de sódio) no reator que foi aquecido até a temperatura de reação e, então, iniciou-se a alimentação da emulsão core e, paralelamente, a solução 2 (43,04 g de água e 1,97 g de persulfato de amônio), em tempo total de alimentação de 3h e 30 min. Após este tempo, foi adicionada a solução número 3 (17,93 g de água e 0,36 g de persulfato de amônio), à temperatura constante durante 30 minutos, e depois resfriando o reator até a temperatura ambiente. Para a formação da camada externa, adicionou-se no reator com o latex da etapa 1, a solução shell 1 (107,60 g de água, 1,08 g de acetato de sódio e 0,08 g de persulfato de sódio) e elevou-se a temperatura do reator até a temperatura de reação. Após a temperatura de reação ser atingida, iniciou-se a alimentação do reator com a emulsão contendo o monômero e, simultaneamente, com a solução shell 2 (43,04 g de água e 1,97 g de persulfato de amônio), em tempo total de 1h e 30 min. Após, adicionou-se a solução shell 3 (7,69 g de água e 0,15 g de persulfato de amônio), e a temperatura de reação foi mantida durante 30 minutos. Depois, o reator foi alimentado com a solução shell 4 (2,56 g de água e 0,22 g de Trigonox AW 70) durante 15 minutos e, depois, com a solução shell 5 (2,56 g de água e 0,36 g de Rongalit C), contendo agente redutor, durante 5 minutos. Então, o reator foi mantido na temperatura de reação durante 30 minutos, e em seguida, resfriado até a temperatura ambiente.

## 2.3 Caracterização do Polímero Seco

Após a primeira etapa de polimerização, foram retiradas alíquotas dos látices resultantes e essas foram colaguladas com adição de etanol. Os pH dos látices foram medidos em um pHmetro AJX-522 da AJ Micronal. Após essa medição, os látices obtidos foram coagulados com adição de etanol. Depois da coagulação, foi feita a filtração do polímero e os resíduos de água e etanol foram evaporados à temperatura ambiente para evitar a degradação térmica do polímero. O polímero seco, obtido da primeira e da segunda etapa de polimerização foi caracterizado em seu teor de gel e em suas propriedades térmicas e reológicas. O teor de gel foi obtido através da extração Soxhlet, realizada de acordo com a norma ASTM D2765-11. A TGA foi realizada em um analisador TGA-50M, da Shimadzu, contendo balança microanalítica MX5 da Mettler Toledo, sob atmosfera inerte de N<sub>2</sub> com fluxo de 100 ml/min, em célula de alumina, e taxa de aquecimento de 10°C/min da temperatura ambiente até 700°C. A temperatura de transição vítrea (T<sub>g</sub>) foi obtida por DSC em um equipamento FP 90 da Mettler Toledo à atmosfera inerte (N<sub>2</sub>), com vazão de 50 mL/min, taxa de aquecimento de 10°C/min, em uma faixa de temperatura entre -100 e 160°C. As propriedades reológicas, por reometria de placas paralelas, em regimes permanente e oscilatório de cisalhamento, foram realizadas em reômetro de placas paralelas AR 2000, da TA Instruments, disponível no IMA-UFRJ, com diâmetro de placa de 25 mm, com espaçamento entre as placas de 1 mm, temperatura de 250°C e frequência no intervalo de 10<sup>-2</sup> - 10<sup>2</sup> Hz.

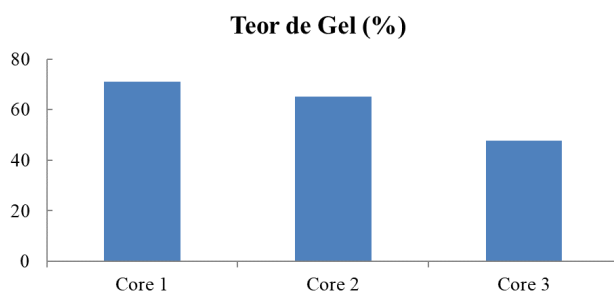
## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando-se os resultados obtidos com os valores de pH dos látices (Tabela 2), observa-se que na formulação 2, o pH está ligeiramente superior e mais próximo do primeiro pKa do ácido itacônico, 3,85. De acordo com estudo anterior (Mendizábal, *et. al.*, 1999), sua incorporação atinge o valor máximo quando o pH da emulsão está próxima do pKa do monômero funcional. Isso pode justificar um possível maior nível de incorporação do monômero funcionalizante. Lembrando que a formulação 3 não possui ácido itacônico.

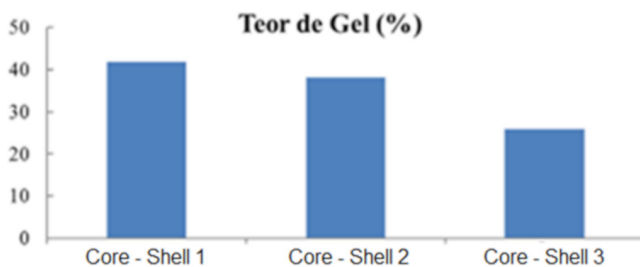
Formulações	pH Core	pH Shell
1	2,7	2,8
2	2,9	3,0
3	4,5	3,8

Tabela 2. Valores de pH das emulsões dos sistemas core-shell P(BA-co-MMA/PMMA).

É de domínio público que na copolimerização de acrilato de butila e metacrilato de metila pode-se obter alta percentagem de teor de gel. No caso de polimerização em emulsão de poliacrilato de butila, espera-se uma ligeira diminuição no teor de gel com o aumento da temperatura de polimerização. Utilizando-se um modelo de Monte Carlo, foi demonstrado que, em temperaturas mais baixas, a fração insolúvel de polímero e a massa molar da fração solúvel do polímero são mais elevadas. Assim, a solubilidade do polímero obtido é reduzida a temperaturas mais baixas. Isto ocorre devido à combinação de vários fatores, como menor coeficiente de transferência de cadeia intermolecular; menor coeficiente de terminação da cadeia por meio de combinação; inferior de conversão de monómeros a temperaturas mais baixas e reduzida taxa de terminação de bimolecular, o que conduz a uma redução drástica do número de partículas que têm dois ou mais radicais. Este fato pode justificar os resultados observados depois de comparar polímeros a partir de formulações Core 1 e Core 2. Comparando-se as formulações Core 2, com ácido itacônico, e Core 3, sem o agente funcionalizante, observa-se que o teor de gel do polímero obtido com a Formulação Core 2 é aproximadamente de 20% em comparação com a Formulação Core 3, o que indica que o ácido itacônico aumenta a taxa de transferência de cadeias, que conduz à reticulação de P(BA-co-MMA). Uma causa possível é devido à possibilidade de interação entre o ácido itacônico e iniciadores, o que reduz a eficiência da taxa de polimerização. Para as partículas obtidas na segunda parte da polimerização (Figura 1b), observa-se que com a presença do ácido itacônico, verifica-se um aumento de teor de gel, devido ao aumento do fenômeno de transferência de cadeia entre as cadeias poliméricas, aumentando a formação de ligações cruzadas, conforme outros estudos (Kohut-Zvelko, *et. al.*, 2009; Zborowski, *et. al.*, 2015), que já mostrava essa tendência.



(a)



(b)

Figura 1. Teor de gel das formulações utilizadas (a) após a primeira etapa e (b) após a segunda etapa de polimerização.

Na análise termogravimétrica (Figura 2), com a presença de ácido itacônico, aumenta-se a estabilidade térmica das partículas. Comparando as formulações Core-Shell 1 e Core-Shell 2 e entre Core-Shell 2 e Core-Shell 3, o onset da degradação térmica ocorre a uma temperatura maior para a formulação Core-Shell 2. Um dos motivos possíveis é o aumento da polaridade das cadeias, devido à presença de grupos carboxílicos, em possível correlação com os dados da Tabela 2 e ao nível de ligações cruzadas encontrado e apresentado na Figura 1b, que fazem com que as cadeias fiquem mais próximas umas das outras, necessitando maior energia e, portanto, maior temperatura para início da perda de massa, além de maior fração de polímero insolúvel e possível maior nível de ligações cruzadas, que aumenta a estabilidade térmica dos polímeros, pois se necessita maior energia para rompimento das cadeias poliméricas. Isso leva ao deslocamento do onset da curva termogravimétrica para temperaturas maiores.

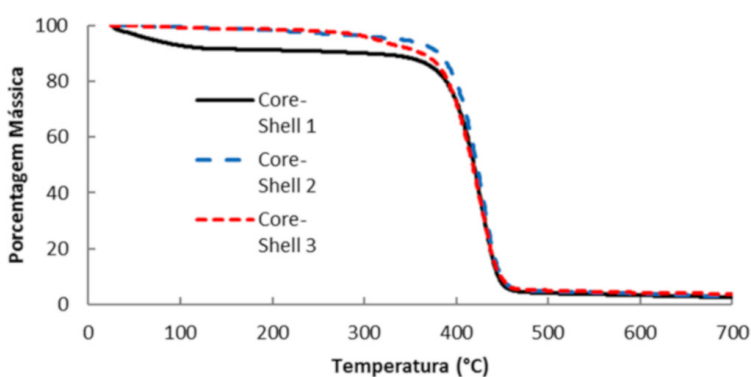
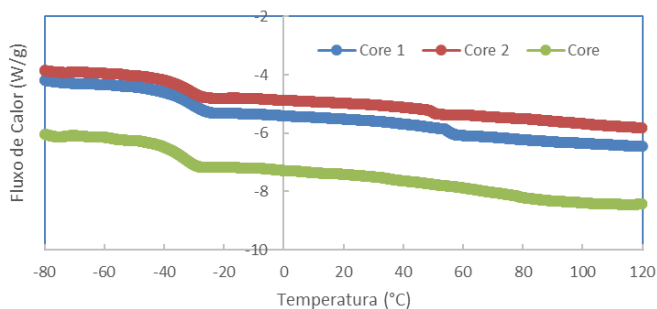
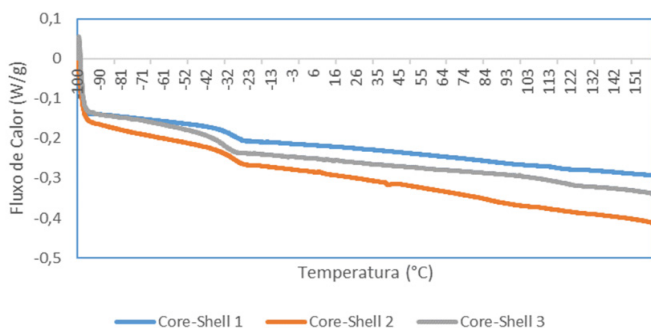


Figura 2. Termogramas de TGA para as formulações apresentadas.

Quanto à variação da  $T_g$ , observa-se um pequeno aumento com a presença de ácido itacônico, tanto nas partículas obtidas na primeira etapa de polimerização (Figura 3a) quanto nas partículas obtidas na segunda etapa de polimerização (Figura 3b). Uma comparação pode ser feita com estes resultados, em relação à presença de ácido itacônico. Observa-se que a presença do agente funcionalizante na formulação Core 2, com a presença de grupos carboxílicos que levam à formação de ligações intermoleculares de hidrogênio, leva ao aumento da temperatura de transição vítrea, pois aumenta a aproximação entre as cadeias e limita os movimentos de cadeias de polímero, em comparação com a formulação Core 3, sem presença de ácido itacônico. Estes resultados estão de acordo com os apresentados por outra referência (Rabelero, *et. al.*, 2013). Quanto às partículas obtidas após a segunda etapa de polimerização, na primeira transição vítrea, da fase elastomérica, a diferença entre os valores da formulação Core-Shell 2 e a formulação Core-Shell 3 é de aproximadamente 4°C. Essa diferença ocorre devido à presença de pontes de hidrogênio na formulação Core-Shell 2.



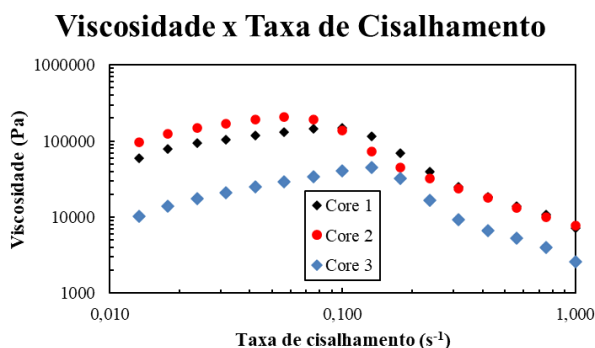
(a)



(b)

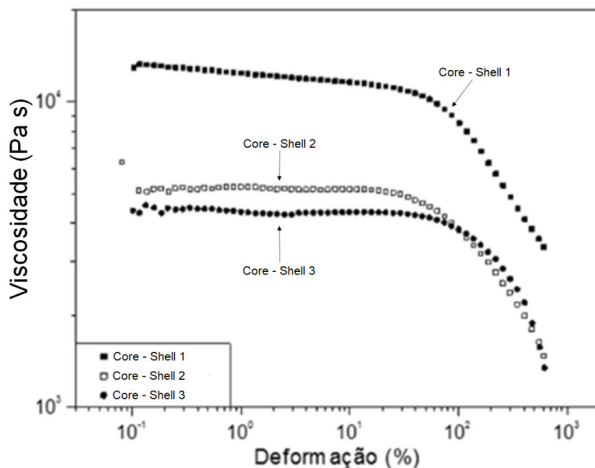
Figura 3. Termogramas de DSC para as formulações utilizadas (a) primeira etapa e (b) segunda etapa de polimerização.

O comportamento reológico de regime constante a baixas taxas de cisalhamento está apresentado na Figura 4. Comparando-se estes dados com os resultados apresentados na Figura 1, observa-se a mesma tendência nos resultados, tanto para os polímeros resultantes da primeira etapa de polimerização (Figura 4a) quanto os obtidos após a segunda etapa de polimerização (Figura 4b). No que diz respeito à influência do ácido itacônico, verifica-se um aumento da viscosidade do polímero a baixas taxas de cisalhamento com sua utilização. Uma possível justificativa é a presença de grupos carboxílicos presentes no agente funcionalizante. A presença de grupos carboxílicos aumenta a presença de pontes de hidrogênio, que por sua vez, aumenta a proximidade entre as cadeias poliméricas, mesmo que em baixa porcentagem, acarretando um aumento significativo da resistência ao fluxo. O possível aumento de teor de polímero insolúvel e de polímero com ligações cruzadas, verificado pelo teor de gel, também pode ser atribuído à presença do co-mônomo funcionalizante. No platô Newtoniano, constata-se que o polímero resultante da formulação Core-Shell 1, temperatura de polimerização menor e com presença de ácido itacônico, apresentou o maior valor de viscosidade a baixas taxas de cisalhamento. Por outro lado, a formulação Core-Shell 3 apresentou menores valores no platô Newtoniano. Um dos motivos possíveis é a presença de ácidos carboxílicos nas formulações 1 e 2. Com esses grupos funcionais, há formação de pontes de hidrogênio que levam a uma maior aproximação entre as cadeias poliméricas, gerando resistência ao fluxo e, portanto, aumento a viscosidade. Outro motivo é o aumento do teor de gel. Esse aumento, devido ao aumento da formação de ligações cruzadas devido à transferência de cadeia durante a polimerização, também aumenta a resistência ao fluxo.



(a)

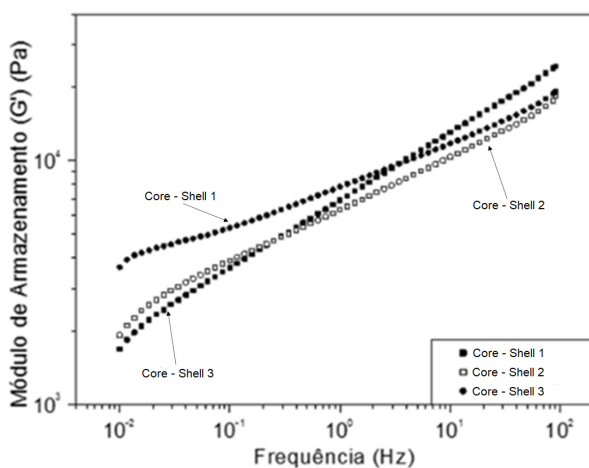




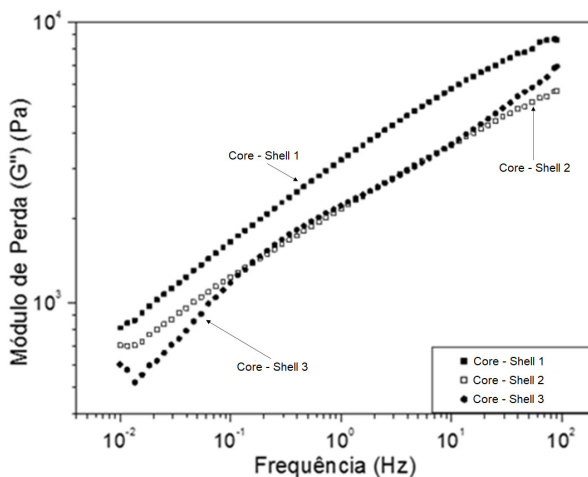
(b)

Figura 4. Viscosidade a baixas taxas de cisalhamento das formulações de P(BA-co-MMA/PMMA): (a) primeira etapa e (b) segunda etapa de polimerização.

Em relação à análise em regime oscilatório de cisalhamento (Figuras 5a e 5b), a formulação Core-Shell 1 possui os maiores valores de módulos de armazenamento e de perda a menores taxas de cisalhamento. Os principais possíveis motivos para isso são: o aumento do nível de ligações cruzadas e da polaridade das cadeias poliméricas com a presença de ácidos carboxílicos com a presença de ácido itacônico nessa formulação.



(a)



(b)

Figura 5. (a) módulo de armazenamento e (b) módulo de perda das formulações de P(BA-co-MMA/PMMA).

Tanto na primeira quanto na segunda etapa de polimerização para a formulação das partículas de P(BA-co-MMA/PMMA), houve influência do ácido itacônico durante a preparação das partículas. Com a presença deste monômero funcionalizante, houve aumento do teor de gel do material, indicando aumento da transferência de cadeia para o próprio polímero, que levou à formação de polímero insolúvel, podendo ser polímero com ligações cruzadas, além das pontes de hidrogênio presentes no polímero funcionalizado, que aumenta a aproximação entre as cadeias e leva também a maior dificuldade de separação dessas via solubilização com tetraidrofurano. Além disso, houve aumento da estabilidade térmica, da temperatura de transição vítrea e dos valores das propriedades reológicas. As possíveis justificativas são: aumento do nível de ligações cruzadas com a presença de ácido itacônico na formulação e o aumento da polaridade das cadeias poliméricas com a presença de grupos carboxílicos devido ao uso do agente funcionalizante durante a polimerização. Esse aumento da polaridade aproxima as cadeias poliméricas, aumentando a resistência das partículas sintetizadas.

## 4 | CONCLUSÕES

De acordo com os resultados, evidencia-se que o ácido itacônico, de uma forma geral, interfere nas propriedades dos polímeros obtidos tanto na primeira quanto na segunda etapa de polimerização. No caso deste trabalho, com sua presença, ocorre aumento no teor de gel, devido ao aumento da transferência de cadeia para o

próprio polímero, aumentando a probabilidade de formação de ligações cruzadas. A estabilidade térmica apresenta leve aumento, devido possivelmente ao aumento das ligações cruzadas e presença maior de ligações do tipo pontes de hidrogênio. As propriedades reológicas em regime oscilatório de cisalhamento também sofreram influência, aumentando seus valores devido ao aumento de polaridade das cadeias com a presença dos grupos carboxílicos e aumento de ligações cruzadas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às empresas fornecedoras dos reagentes utilizados, e ao CNPq pela Bolsa de Pós-Doutorado Junior.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A., GONZÁLEZ-VILLEGAS, S., RABELERO, M., MENDIZÁBAL, E., PUIG, J. E., Core-Shell Polymers with Improved Mechanical Properties Prepared by Microemulsion Polymerization, *Macromolecules*, v. 32, p. 6767 – 6771, 1999.
- BARABANDIAN, M. J., LA CAL, J. C., ASUA, J. M., Emulsion Polymerization, in: ASUA, J. M., **Polymer Reaction Engineering**, Ames, Blackwell Publishing, Ltd, 2007, cap. 6, p. 233-272.
- KOHUT-SVELKO, N., PIRRI, R., ASUA, J. M., LEIZA, J. R., Effect of Reaction Temperature on the Gel Content of Acrylic Latexes, *Macromolecular Reaction Engineering*, v. 3, p. 11-15, 2009.
- LEE, J. W., KIM, H. U., CHOI, S., YI, J., LEE, S. Y., Microbial production of building block chemicals and polymers, *Current Opinion in Biotechnology*. v. 22, p. 758 – 767, 2011.
- LIU, X. J., LI, H. P., LI, F., TIAN, R. X., LI, Q., Preparation of Core/shell Composite Latex Particles and Toughening Modification for Polyamide 6, *Advanced Materials Research*, v. 79 – 82, p. 2103 – 2106, 2009.
- LOCK, M. R., EL-AASSER, M. S., KLEIN, A., VANDERHOFF, J. W., Investigation of the Persulfate/Itaconic Acid Interaction and Implications for Emulsion Polymerization, *J. A., J. Appl. Polym. Sci.* 1990, 39, 2129.
- MENDIZÁBAL, E., HERNÁNDEZ, P. J., PUIG, J. E.; GANCHE-ESCAMILLA, G., KATIME, I., CASTAÑO, V., Effect of pH on the Mechanical Properties of Functionalized Polymers Prepared by Emulsion Polymerization, *Journal of Applied Polymer Science*, v. 74, p. 3299 – 3304, 1999.
- MENGMENG, Y., C. HOU; L. YING; C. HENGLI; Z. WENYING; L. DONGMEI; C. XIANQIANG, Kinetics of suspended emulsion copolymerization of acrylonitrile with itaconic acid, *E-Polymers*, n. 37, p. 1 – 10, 2008.
- OKABE, M., LIES, D., KANAMASA, S., PARK, E. Y., Biotechnological production of itaconic acid and its biosynthesis in *Aspergillus terreus*, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, v. 84, p. 597 – 606, 2009.

OLIVEIRA, M. P., GIORDANI, D. S., SANTOS, A. M., The role of itaconic and fumaric acid in the emulsion copolymerization of methyl methacrylate and n-butyl acrylate, *European Polymer Journal*, v. 42, p. 1196 – 1205, 2006.

RABELERO, M., TRUJILLO, A., CEJA, I., CANCHÉ, G., MENDIZÁBAL, E., ESQUENA, J., SOLANS C., PUIG, J. E., Effects of the Functionalizing Agent, Itaconic Acid, on the Mechanical Properties of Microemulsion-Made Core/Shell Polymers, *Polymer Engineering and Science*, v. 53, p. 1529-1535, 2013.

VICKERS, C. E., KLEIN-MARCUSCHAMER, D., KRÖMER, J. O., Examining the feasibility of bulk commodity production in *Escherichia coli*, *Biotechnol. Lett.*, v. 34, p. 585 – 596, 2012.

WILLKE, TH., VORLOP, K.-D. Industrial bioconversion of renewable resources as an alternative to conventional chemistry, *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 66, p. 131 – 142, 2004.

ZBOROWSKI, L., PORTO D. B., TAPARELLI, J. R., MEI L. H. I., Influência da Temperatura e do Ácido Itacônico na Copolimerização em Emulsão de Acrilato de Butila e Metacrilato de Metila em Processo Semi-Contínuo in *Anais do 13º Congresso Brasileiro de Polímeros*, Natal, 2015.

ZBOROWSKI, L., PORTO D. B., TAPARELLI, J. R., MEI L. H. I., SOUZA, D. H. S., SÍNTESE DE PARTÍCULAS DE P(BA-CO-MMA)/PMMA CONTENDO ÁCIDO ITACÔNICO VIA POLIMERIZAÇÃO EM EMULSÃO, in *Anais do 15º Congresso Brasileiro de Polímeros*, Bento Gonçalves, 2019.

## 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)