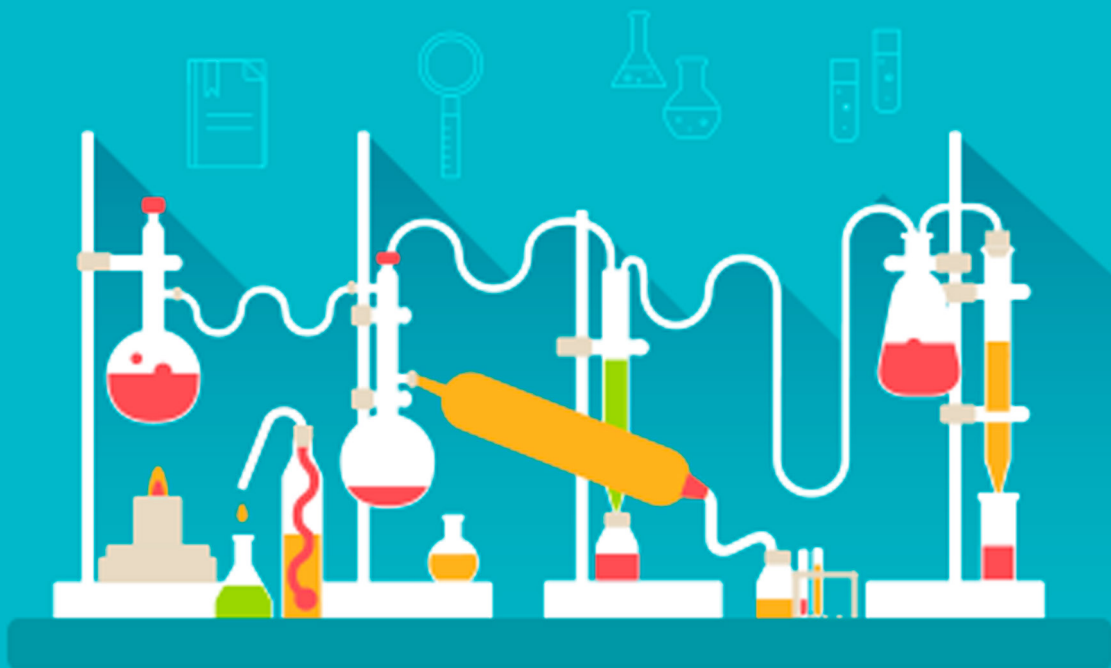


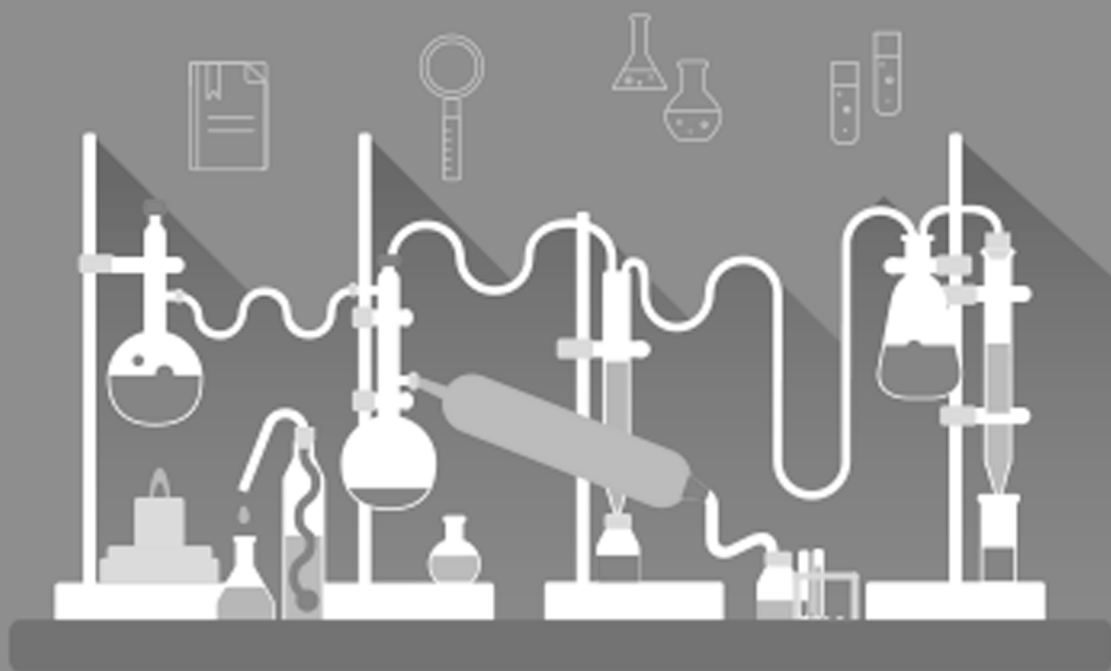
A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável



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^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. 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^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

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

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

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.

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

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

SUORTE HÍBRIDO CONTENDO Fe₃O₄ 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

CAPÍTULO 21	224
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	
DOI 10.22533/at.ed.85920170921	
CAPÍTULO 22	236
PECTINA: UM SUBPRODUTO VALIOSO DA INDÚSTRIA CITRÍCOLA	
Camila Souza da Mata Losque	
Patrícia Reis Pinto	
DOI 10.22533/at.ed.85920170922	
CAPÍTULO 23	247
PROJETO DE CERTIFICAÇÃO PARA PLÁSTICOS RECICLADOS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA: DE REFUGO A RECURSO	
Ormene Carvalho Coutinho Dorneles	
Daniel Coutinho Dorneles	
DOI 10.22533/at.ed.85920170923	
CAPÍTULO 24	258
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	
DOI 10.22533/at.ed.85920170924	
CAPÍTULO 25	277
PROPRIEDADES DE ESPUMAS DE POLI(URETANO-CO-ISOCIANURATO) BASEADAS EM DIFERENTES DIÓIS	
Thiago do Carmo Rufino	
José Giaretta	
DOI 10.22533/at.ed.85920170925	
CAPÍTULO 26	292
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

CAPÍTULO 5

POLIURETANOS BIODEGRADÁVEIS: UMA ABORDAGEM DOS ELEMENTOS ENVOLVIDOS NO PROCESSO DE SÍNTESE

Data de aceite: 01/09/2020

Amanda Furtado Luna

Universidade Federal do Piauí - UFPI-Campus
Universitário Ministro Petrônio Portella
Teresina - PI
<http://lattes.cnpq.br/5753069881729882>

Andressa Lima Delfino

Universidade Federal do Piauí - UFPI-Campus
Universitário Ministro Petrônio Portella
Teresina - PI
<http://lattes.cnpq.br/8422057902837641>

Glenda Kélvia Ferreira Bezerra

Universidade Federal do Piauí - UFPI-Campus
Universitário Ministro Petrônio Portella
Teresina - PI
<http://lattes.cnpq.br/9588218955634249>

Domingos Rodrigues da Silva Filho

Universidade Federal do Piauí - UFPI-Campus
Universitário Ministro Petrônio Portella
Teresina - PI
<http://lattes.cnpq.br/5293235260886719>

Fernando da Silva Reis

Universidade Federal do Piauí - UFPI-Campus
Universitário Ministro Petrônio Portella
Teresina - PI
<http://lattes.cnpq.br/7098426281382200>

José Milton Elias de Matos

Universidade Federal do Piauí - UFPI-Campus
Universitário Ministro Petrônio Portella
Teresina - PI
<http://lattes.cnpq.br/9640089497766267>

RESUMO: Os poliuretanos (PU) fazem parte da família dos polímeros, sendo considerado um dos mais versáteis, principalmente por suas propriedades mecânicas, químicas, físicas e biológicas adaptáveis o que possibilita a incorporação de inúmeros itens para diferentes aplicabilidades, e isso é resultante da sua estrutura química. O conhecimento sobre este tipo de material já é bem disseminado, no entanto, a produção desse material de forma biodegradável e bio-renováveis vêm despertando mais interesse dentre os pesquisadores, visando a diminuição dos impactos ambientais causados por recursos não renováveis e a emissão de gases que agravam o efeito estufa. Entender os fundamentos de como funciona a química de poliuretana, avaliar como os tipos de precursores envolvidos na reação de síntese reagem e se o produto resultante é biodegradável são temas retratados neste capítulo.

PALAVRAS-CHAVE: Poliuretana, polioli, isocianato, biodegradável.

BIODEGRADABLE POLYURETHANES: AN APPROACH TO THE ELEMENTS INVOLVED IN THE SYNTHESIS PROCESS

ABSTRACT: Polyurethanes (PU) are part of the family of polymers, being considered one of the most versatile, mainly for their adaptable mechanical, chemical, physical and biological properties, which makes it possible to incorporate numerous items for different applications, and this is a result of its structure chemistry. The knowledge about this type of material is already widespread, however, the production of

this material in a biodegradable and bio-renewable way has aroused more interest among researchers, aiming to reduce the environmental impacts caused by non-renewable resources and the emission of gases that aggravate the greenhouse effect. Understanding the fundamentals of how polyurethane chemistry works, evaluating how the types of precursors involved in the synthesis reaction react and whether the resulting product is biodegradable are themes portrayed in this chapter.

KEYWORDS: Polyurethane, polyol, isocyanate, biodegradable.

1 | INTRODUÇÃO

Em princípio, este capítulo abordará de maneira simples a forma de sintetizar poliuretanas biodegradáveis a partir dos precursores envolvidos na síntese e o processo de biodegradação.

Os poliuretanos (PU) fazem parte da família dos polímeros, sendo considerado um dos mais versáteis, principalmente por suas propriedades mecânicas, químicas, físicas e biológicas adaptáveis (MARZEC *et al.*, 2017; SU *et al.*, 2016; YEGANEH *et al.*, 2005; YILDIRIMER *et al.*, 2015; CHAUDHURI & KARAK, 2020; BARRIONI, 2014).

A partir da manipulação da estrutura química é possível utilizar a poliuretana em várias aplicações devido a sua natureza química diferenciada, o que possibilita a incorporação de inúmeros itens para diferentes aplicabilidades, sendo algumas delas o revestimento, plastificantes, engenharias de tecidos, têxteis, catálises, dispositivos biomédicos (condutores de marcapasso, cateteres, enxertos vasculares e válvulas cardíacas protéticas, dispositivos de administração de medicamentos e são materiais candidatos a substitutos ósseos) e muitas outras (JAVAID, *et al.*, 2020; AKINDOYO *et al.*, 2016; CRAMAIL *et al.*, 2013; SUAREZ *et al.*, 2007).

O desenvolvimento de PU biodegradável é um tópico importante e bastante discutido há muito tempo, principalmente por sua grande utilização e pelas questões ambientais caso estes materiais não se degradem, resultando em um grande acúmulo de resíduos (PANWIRIYARAT *et al.*, 2013).

A alternativa para uso de materiais biodegradáveis e bio-renováveis, é principalmente, diminuir impactos ambientais causados por recursos não renováveis e a emissão de gases que agravam o efeito estufa. Uma maneira de contornar este problema é a obtenção de biopolímeros ou polímeros biodegradáveis oriundos de matérias-primas de fontes renováveis, tais como: óleos e gorduras (animais e vegetais), cana de açúcar, celulose, madeiras, amido, quitina ou óleos vegetais (DESROCHES *et al.*, 2012; ZHANG e KESSLER, 2015; NAKHODA *et al.*, 2016; SU *et al.*, 2016; WU *et al.*, 2016).

2 | QUÍMICA DAS POLIURETANAS

O poliuretano representa uma classe de polímeros, e qualquer polímero com uma unidade de repetição de uretano é classificado como poliuretano, independentemente de outras estruturas funcionais ou poliméricas incorporadas (Figura 1).

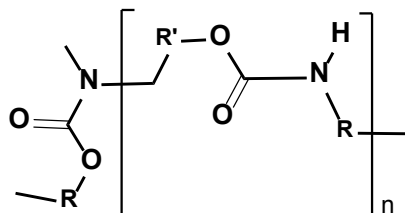


Figura 1: Estrutura da unidade de uretano dentro da cadeia de poliuretana

A versatilidade das poliuretanas é decorrente dos blocos de construção formado por poli-isocianatos, polióis e extensores de cadeia. No entanto, a inovação no desempenho do poliuretano vem da variação dos componentes de poliól e extensor de cadeia, que compreendem mais de 50% do volume da poliuretana, do que do poli-isocianatos utilizado (SONNENSCHNEIN, 2015).

2.1 Polióis

As PUs podem ser sintetizadas usando uma vasta variedade de matérias-primas e métodos de processamento. São sintetizados proposadamente por reação de polióis com grupos hidroxila com poli-isocianatos (GHASEMLOU, et al., 2019)

As duas principais matérias-primas para a preparação de PUs são derivadas principalmente do petróleo.

A crescente conscientização sobre princípios de sustentabilidade e economia circular acabou desenvolvendo caminhos alternativos para a síntese de PUs, desenvolvendo polióis e poliuretanos de base biológica a partir de recursos renováveis, com a finalidade de minimizar a dependência de recursos finitos de petróleo e minimizar o impacto no meio ambiente (ZHANG, et al, 2020; (HUSSAIN, et al, 2020).

Entre os recursos de base biológica , os óleos (vegetais e animais) são candidatos promissores para síntese de matéria-prima devido a vantagens inerentes, como fontes amplas, renovabilidade, baixa toxicidade, baixo custo, biodegradabilidade e comodidade para uma variedade de modificações químicas (SHEN, Y. et al, 2019).

Os óleos vegetais é extraída de plantas, formados principalmente por aciltriglicerídeos e possui três ácidos graxos de cadeia longa de diferentes composições, dependendo das fontes de cada de óleo. As propriedades físicas e químicas dos óleos dependem do comprimento da cadeia e do número de ligações duplas dos ácidos graxos. Neste caso, podem passar por diversas transformações, permitindo funcionalização, como por exemplo, a introdução de grupos hidroxilas em suas estruturas químicas (ALAGI, et al, 2016; HOFFMAN, 2020; ZAREANSHAHRAKI, *et al.*, 2020).

O único polioli natural é o óleo de mamona, os demais óleos vegetais não apresentam grupos hidroxilas que são os pontos para a reação com os isocionatos. Para esses óleos se tornarem aptos para sínteses de PUs é necessários passarem por transformações químicas (OMONOV, et al, 2017). Existem diversos métodos para preparar polióis à base de óleo vegetal, incluindo a epoxidação de óleo vegetal seguida de reação de abertura do anel, hidroformilação, ozonólise, etc (JIA, et al, 2011).

Essas reações transformam os óleos de oleaginosas como soja, girassol, canola, palma e mamona, em recursos renováveis importantes e acessíveis para a produção em larga escala de polióis necessários para a fabricação de PUs (GHASEMLOU, et al., 2019).

Sob a mesma perspectiva de desenvolver materiais biodegradáveis os polióis biodegradáveis têm sido bastante utilizados com o objetivo de reduzir o material não biodegradável (MUKHERJEE, *et al.* 2020).

Baseado em estudos descritosa literatura, PUs foram gerados a partir de vários polióis biodegradáveis, tais como, poli(glicolida), poli(lactida) e poli (ϵ -caprolactona), descritos na Tabela 1, pois são propensos a serem submetidos a biodegradação por microrganismos (THANGAVELU, *et al.* 2020), além de apresentarem boas propriedades físicas que promovam à poliuretana melhoramento na elasticidade, resistência à tração, transparência ou baixa toxicidade (SONEIRA, et al. 2020).

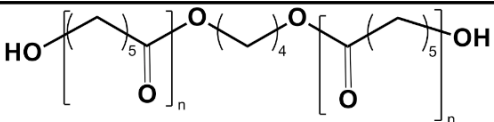
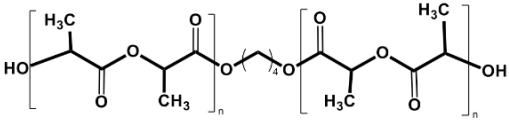
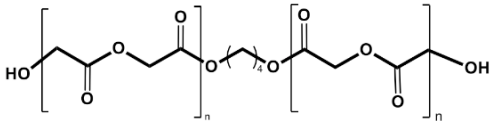
Nome do polioli	Estrutura química
Poli(ε – caprolactona) - PCL	
Poli(D,L –láctida)	
Poli(glicolídeo)	

Tabela 1: Exemplos de polióis biodegradáveis

2.2 Pré-polímeros

Os pré-polímeros oferecem uma abordagem atraente fornecendo um grau adicional de controle sobre a estrutura de poliuretano (especialmente elastômeros), pois acredita-se que o pré-polímero permita “pré-construir” as propriedades finais do polímero e obter uma estrutura final de poliuretano mais uniforme (GUELCHER,2008; SONNENSCHNEIN, 2015).

O termo refere-se à reação de um polioli com um excesso de diisocianato, em que após todos os grupos de álcool polioli terem reagido com os grupos isocianato, resulta no excesso de funcionalidade de isocianato na matriz tornando estes grupos terminais em substituição às hidroxilas. Há duas terminologias para o excesso de isocianato deixado no produto: utiliza-se o termo “quase pré-polímero” para produtos com elevados níveis de isocianato livre (>12%), já para sistemas com baixos níveis de isocianatos livres (<12%), denomina-se “pré-polímero” (DANIEL-DA-SILVA, et al, 2008).

As principais vantagens da formação da matriz do pré-polímero são a eliminação de quaisquer problemas relativos à toxicidade do material, pois após a formação da matriz o di-isocianato não reagido pode ser removido por destilação a vácuo; e melhorar as propriedades de manuseio já que são líquidos - menor peso molecular e isocianatos livres de solvente diminuem a viscosidade geral da mistura de pré-polímero-, são estáveis em armazenamento e fornecem uma fonte de funcionalidade de isocianato com menor pressão de vapor do que os isocianatos livres, resultando em uma melhor compatibilidade entre componentes adicionais da formulação de poliuretano (SONNENSCHNEIN, 2015).

O processo de reação é feito sem aquecimento, em atmosfera inerte. Isso resulta na estabilidade do isocianato e impede a polimerização adicional do pré-polímero. A mistura de reação deve ser mantida completamente isenta de água a temperaturas abaixo de 100 °C para evitar a formação de uréia e a reticulação de alofanatos e biuretos. Geralmente, usam-se estabilizantes como cloreto de benzoílo, cloreto de acetila ou ácido *p*-tolueno sulfônico para evitar essa reticulação no processo de armazenamento (GUELCHER, 2008).

2.3 Isocianatos

Os isocianatos representam uma classe de produtos químicos muito importantes na síntese do poliuretano. A presença da tríade única N=C=O na sua composição resulta em carbono eletrofílico e nitrogênio relativamente nucleofílico (Figura 2), isso cria uma condição vantajosa para a adição de moléculas de hidrogênio ativas e a formação de uretanos, ureias, alofanatos, biuretos e outras estruturas, representados na Tabela 2, resultando em diversos produtos, caracterizando a sua versatilidade e ampla aplicação no desenvolvimento de diferentes poliuretanas (RASPOET, G. & NGUYEN, G., 1998).

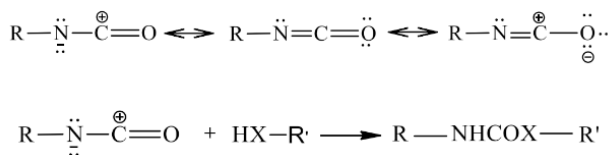


Figura 2: Representação da estrutura do isocianato ressaltando os pontos eletrofílico e nucleofílico

COMPOSTO DE HIDROGÊNIO ATIVO	PRODUTO DA REAÇÃO	ESTRUTURA MOLECULAR DA REAÇÃO
Álcool	Uretana	$R-N=C=O + R'-OH \longrightarrow R-NH-CO-O-R'$
Uretana	Alofanato	$R-NH-CO-NH-R'' + R'''-N=C=O \xrightleftharpoons{110^\circ C} R'''-NH-CO-NH-R''-CO-NH-R'$
ISOCIANATO	Água	$2 R-N=C=O + H_2O \longrightarrow R-NH-CO-NH-R + CO_2$
Amina	Uréia	$R-N=C=O + R'-NH_2 \longrightarrow R-NH-CO-NH-R' + CO_2$
Uréia	Biureto	$H_3C-NH-CO-NH-H + H_3C-N=C=O \xrightleftharpoons{110^\circ C} R-NH-CO-NH-R''$

Tabela 2: Reações de isocianatos com compostos de hidrogênio ativo

A água reage com isocianatos para formar ácido carbâmico, um composto instável que se decompõe em um gás amina e dióxido de carbono. A reação da água é explorada para sintetizar espumas de poliuretana biodegradável, onde o gás dióxido de carbono atua como um agente de expansão (como em espumas para colchão). Em altas temperaturas favorecem reações de isocianatos com grupos NH de uretanas, uréias ou amidas. Algumas reações podem levar a ramificações e/ou dímeros, em isocianatos aromáticos, e trímeros em isocianatos alifáticos (SONNENSCHNEIDER, 2015).

2.3.1 Reatividade dos Isocianatos

Isocianatos aromáticos são mais reativos do que os alifáticos. Estes apresentam reatividade relativamente lenta além de ser substancialmente mais caros. Outro fator que diminui a reatividade do isocianato é o impedimento estérico (CHATTOPADHYAY & RAJU, 2007).

No caso das espumas à base de isocianatos aromáticos são consideradas termicamente menos estáveis e se decompõem em temperaturas mais baixas do que as espumas à base de isocianato alifático e/ou cicloalifáticos, devido reverterem com facilidade os grupos de uretano durante o aquecimento (VILAR, 1998). Estão listados na Tabela 3 alguns exemplos de isocianatos.

ISOCIANATOS ALIFÁTICOS	ISOCIANATOS AROMÁTICOS
Diisocianato de díciclo-hexilmetano (H ₁₂ MDI)	Isocianato de 4,4'-difenilmetano (MDI)
Diisocianato de hexametileno (HDI)	Diisocianato de tolueno (TDI)
1,4-diisocianatobutano (BDI)	Di-isocianato de Isoforona (IPDI)

Tabela 3: Exemplos de alguns tipos de isocianatos

2.4 Extensores de cadeia

As propriedades do PU, normalmente, dependem dos tipos de isocianato e polióis utilizados na síntese. Contudo, podem ser utilizados aditivos junto com o polioli e o isocianato, bem como mudanças nas condições da síntese, para obter-se uma variedade de características, o que torna apropriado para diversas aplicações (AKINDOYO et al, 2016).

Muitas vezes, é adicionada uma molécula polifuncional de baixo peso molecular (diol ou diaminas) que reage com isocianatos, chamado de “extensor de cadeia”. Estes servem principalmente como espaçador entre os poli-isocianatos vizinhos, resultando na alteração do segmento rígido, devido à formação de

ligações de hidrogênio, acarretando em mudanças nas propriedades da poliuretana, alteração na estrutura do segmento rígido e na cinética de polimerização (OPREA, 2011; HAN, et al, 2011).

2.5 Catalisadores

A utilização de catalisadores, como compostos organo-metálicos e aminas terciárias aumentam a taxa de reação na síntese de poliuretanas, decorrente do fato da reação do isocianato com o hidroxil ser relativamente lenta. Tal fato é reflexo da incompatibilidade de fases entre o polioliol (polar e menos densa) e o isocianato (não polar e mais densa) (TILLET, et al, 2011).

Na química do poliuretano a atividade catalítica que forma ligações de uretano é convencionalmente denominada reação de “gel”, pois o resultado da reação do uretano devido ao rápido crescimento do peso molecular e ao aumento concomitante da viscoelasticidade é de gelificação. Enquanto que a reação catalisada de isocianatos com água é denominada reação de “sopro” devido à formação de dióxido de carbono, que contribui para a formação de espuma ou morfologias de espuma (SONNENSCHNEIN, 2015).

Ao mesmo tempo em que os catalisadores de amina são capazes de promover reações de sopro e gel, estes também são capazes de promover inúmeras reações colaterais. A maioria dessas reações colaterais envolve a reação de isocianatos com produtos de reação já formados, e sua eficiência para qualquer reação lateral depende da concentração de isocianato, concentração de polioliol, temperatura, concentração de catalisador etc (SONNENSCHNEIN, 2015).

3 | MECANISMOS DE BIODEGRADAÇÃO DE POLIURETANA

Polímeros biodegradáveis são materiais cujas propriedades físicas e químicas se degradam e sofrem deterioração completa ao serem expostos a micro-organismos, processos aeróbicos e anaeróbicos (FRANCHETTI & MARCONATO, 2006).

As poliuretanas biodegradáveis são projetadas para sofrer degradação hidrolítica ou enzimática em produtos de decomposição não citotóxicos *in vivo*. A taxa de degradação do poliuretano pode ser modificada pelo tipo de polioliol, diisocianato e extensor de cadeia e pela proporção de segmentos rígidos e flexíveis e grau de reticulação (MARZEC *et al.* , 2017).

Os segmentos flexíveis de poliéster são suscetíveis à hidrólise *in vivo* e *in vitro* em razão das suas ligações éster (MCBANE *et al.*, 2011), pois no processo de hidrólise há a formação de produção de degradação, são eles: ácidos α -hidroxiácidos, bem como fragmentos de uretano e uréia com grupos ácidos terminais (BARRIONI,

et al., 2015; LAUBE *et al.*, 2017; MARZEC *et al.*, 2017).

Segmentos flexíveis amorfos são degradados mais rapidamente que os semicristalinos, pois exibem um aumento na captação de água, aumentando o processo de degradação por hidrólise (MATSUMURA, 2005).

Os segmentos rígidos sofrem hidrólise mais lentamente que os segmentos flexíveis. Todavia, se grupos que são suscetíveis à hidrólise estiverem no segmento rígido, a degradação iniciará a partir desse grupo (MARZEC *et al.*, 2017). Um exemplo disso ocorre quando há a incorporação de um extensor de cadeia, como o peptídeo Ala-Ala-Lys (AAK), que é reconhecível por uma enzima, e os produtos da reação são não tóxicos (MATSUMURA, 2005).

No processo de degradação por enzimas é comum observar a inserção de extensores de cadeia ao grupo rígido para tornar o processo de degradação mais favorável. Um exemplo ocorre quando há a incorporação de um extensor de cadeia, como o peptídeo Ala-Ala-Lys (AAK), que é reconhecido por uma enzima projetando o segmento rígido para ser enzimaticamente degradável (KUMAR, 2007).

As poliuretanas biodegradáveis resultantes de poli-isocianato alifático foram relatadas como biodegradáveis *in vivo* e *in vitro*, sem gerar produtos tóxicos ao final da decomposição. No entanto, para as obtidas a partir de poli-isocianato aromático o resultado da degradação hidrolítica é a liberação de poliaminas aromáticas tóxicas. Um exemplo foi relatado na preparação de espumas de poliuretanas biodegradáveis preparadas a partir de 2,4-tolueno diisocianato (TDI), que se degradam em condições fisiológicas simuladas em 2,4-tolueno diamina, que é agudamente tóxico, cancerígeno e mutagênico. O balanço dos dados atualmente disponíveis sugere que os efeitos fisiológicos das poliaminas aromáticas dependem da taxa de degradação do material, bem como da taxa de depuração dos produtos de degradação do tecido (SILVA *et al.*, 2010).

4 | CONCLUSÃO

Este capítulo de livro retratou os poliuretanos biodegradáveis trazendo informações sobre os precursores envolvidos na reação de síntese, dada à reatividade dos componentes químicos do poliuretano e a cinética da reação de formação do uretano, muitas outras estruturas se formam, o que pode ter efeitos significativos nos materiais finais, além da abordagem no processo de biodegradação do material.

REFERÊNCIAS

AKINDOYO, J. O.; BEG, M. D. H.; GHAZALI, S.; ISLAM, M. R.; JEYARATNAM, N.; YUVARAJ, A. R. **Polyurethane types, synthesis and applications – a review**. RCS Advances, 2016.

ALAGI, P.; CHOI, Y. J.; HONG, S. C. **Preparation of vegetable oil-based polyols with controlled hydroxyl functionalities for thermoplastic polyurethane.** *Eur. Polym. J.* **78**, 46–60 (2016).

BARRIONI, B. R.; CARVALHO, S.M.; ORÉFICE, R. L.; de OLIVEIRA A. A.R., PEREIRA, M. de M. **Synthesis and characterization of biodegradable polyurethane films based on HDI with hydrolyzable crosslinked bonds and a homogeneous structure for biomedical applications.** *Materials science and engineering: C.* v. 52, p. 22-30, 2015.

CHATTOPADHYAY, D. K.; RAJU, K. V. S. N. **Structural engineering of polyurethane coatings for high performance applications.** *Progress in Polymer Science*, v. 32, n. 3, p. 352–418, 2007.

CHAUDHURI, H.; KARAK, N. **Water dispersed bio-derived transparent polyurethane: Synthesis, properties including chemical resistance, UV-aging, and biodegradability.** *Progress in Organic Coatings*, 2020, V. 146, p. 1-11, 2020.

CRAMAIL, H.; GRAU, E.; LEBARBÉ, T.; MAISONNEUVE, L. **Structure–properties relationship of fatty acid-based thermoplastics as synthetic polymer mimics.** *Polymer Chemistry.* 4 (22), 5465-5604, 2013.

DANIEL-DA-SILVA, A.; BORDADO, J.C.M.; MARTIN-MARTINEZ, J.M., **Moisture curing kinetics of isocyanate ended urethane quasi-prepolymers monitored by IR spectroscopy and DSC** *Journal of Applied Polymer Science*, 107, 700–709, 2008.

DESROCHES, M.; ESCOUVOIS, M.; AUVERGNE, R.; CAILLOL, S.; BOUTEVIN, B. **From Vegetable Oils to Polyurethanes: Synthetic Routes to Polyols and Main Industrial Products.** *Polymer Reviews.* 52 (1), 38-79, 2012.

FRANCHETTI, S.M.M & MARCONATO, J.C. **Polímeros biodegradáveis – uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos.** *Química Nova.* v. 29, n. 4, 811-816, 2006.

GHASEMLOU, M., DAVER, F., IVANOVA, E. P. & ADHIKARI, B. **Polyurethanes from seed oil-based polyols : A review of synthesis , mechanical and thermal properties.** *Industrial Crops & Products*, 142, 2019.

GUELCHER, S.A. **Biodegradable polyurethanes: synthesis and applications in regenerative medicine tissue engineering:** Part b. volume 14, número 1, 2008. DOI: 10.1089/teb.2007.0133.

HAN, H.; WEI, F.; BROWN, J. **Preparation, Characterization, and Evaluations of Polyurethane Elastomers Based on Polyether Glycol, Toluene Diisocyanate, and Extender Chain Reagents,** *Journal of Testing and Evaluation*, v.39, n.3, 463–467, 2011.

HOFFMAN, S. **To print this article, please use the print button in the bottom toolbar of the web reader.** *J. Common Mark. Stud.* 38, 189–198, 2000.

HUSSAIN, I., SANGLARD, M., BRIDSON, J. H. & PARKER, K. **Preparation and physicochemical characterisation of polyurethane foams prepared using hydroxybutylated condensed tannins as a polyol source.** *Industrial Crops and Products.* 154, 2020.

JAVAID, M.A.; ZIA, K. M.; AMER IQBAL, A.; AHMAD, S.; NADIA AKRAM, N.; LIU, X.; NAWAZ, H.; MUHAMMAD KALEEM KHOSA, M.K.; AWAIS, M. **Utilization of waxy corn starch as an efficient chain extender for the preparation of polyurethane elastomers.** International Journal of Biological Macromolecules, v. 148, p. 415-423, 2020.

JIA, L. K.; GONG, L. X.; JI, W. J.; KAN, C. Y. **Synthesis of vegetable oil based polyol with cottonseed oil and sorbitol derived from natural source.** Chinese Chemical Letters, v. 22, p. 1289-1292, 2011.

KUMAR, H.; RADHA, J.C.; RANGANATHAIAH, C.; SIDDARAMAIAH. **Physico-mechanical and free volume behaviour of guar gum filled polyurethane/polycrylonitrile biodegradable composites.** European Polymer Journal, v. 43, n. 4, p. 1580-1587, 2007.

LAUBE, T. *et al.* **In situ foamable, degradable polyurethane as biomaterial for soft tissue repair.** Materials science and engineering C, Jena, v. 78, p. 163-174, 2017.

MARZEC, M.; KUCIŃSKA-LIPKA, J.; KALASZCZYŃSKA, I.; JANIK, H. **Development of polyurethanes for bone repair.** Materials science & engineering C, Gdansk v. 80, p. 736-747, 2017.

MATSUMURA, S. **Mechanism of Biodegradation.** Biodegradable polymers industrial applications. England: Woodhead Publishing Limited, 2005.

MCBANE, J.E.; SHARIFPOORAB, S.; CAI, K.; LABOW, R.S.; SANTERRE, J.P. **Biodegradation and in vivo biocompatibility of a degradable, polar/hydrophobic/ionic polyurethane for tissue engineering applications.** Biomaterials, Toronto, v. 32, ed. 26, p. 6034-6044, 2011.

MUKHERJEE, M.; GURUSAMY-THANGAVELU, S.A.; CHELIKE, D.K.; ALAGUMALAI, A.; DAS, B. N.; JAISANKAR, S.N.; MANDAL, A. B. **Biodegradable polyurethane foam as shoe insole to reduce footwear waste: Optimization by morphological physicochemical and mechanical properties.** Applied Surface Science, v. 499, 2020.

NAKHODA, H. M.; DAHMAN, Y. **Mechanical properties and biodegradability of porous polyurethanes reinforced with green nanofibers for applications in tissue engineering.** Polymer Bulletin. v. 73, p. 2039-2055, 2016.

OMONOV, T. S.; KHARRAZ, E.; CURTIS, J. M. **Camelina (Camelina Sativa) oil polyols as an alternative to Castor oil.** Industrial Crops & Products, v.107, p. 378-385, 2017.

OPREA, S. **Effect of the long chain extender on the properties of linear and castor oil cross-linked PEG-based polyurethane elastomers** Journal of Materials Science, v. 46, n.7, 2251-2258, 2011.

PANWIRIYARAT, W.; TANRATTANAKUL, V.; PILARD, J-F.; PASETTO, P.; KHAOKONG, C. **Effect of the diisocyanate structure and the molecular weight of diols on bio-based polyurethanes** J. Appl. Polym. Sci. 130, 453-462, 2013.

RASPOET, G.; NGUYEN, G., **The Alcoholysis Reaction of Isocyanates Giving Urethanes: Evidence for a Multimolecular Mechanism.** Journal of Organic Chemistry, 63, 6867-6877, 1998. DOI:10.1021/jo9806411.

SHEN, Y.; HE, J.; XIE, Z.; ZHOU, X.; FANG, C.; ZHANG, C.; **Synthesis and characterization of vegetable oil based polyurethanes with tunable thermomechanical performance.**

Industrial Crops & Products. 140, 2019.

SILVA, G. R., JÚNIOR, A. S. C., BEHAR-COEHN, F. AYRES, E., ORÉFICE, R. L., **Biodegradation of polyurethanes and nanocompósitos to non-cytotoxic degradation products.** Polymer Degradation and Stability, v. 93, p. 491-499, 2010.

SONEIRA, C.S.; ARRIETA, M.P.; SESSINI, V.; PEPONI, L.; Functional properties of photo-crosslinkable biodegradable polyurethane nanocomposites. Polymer Degradation and Stability, v. 178, 2020.

SONNENSCHNEIN, 2015).

SONNENSCHNEIN, M.F. **Polyurethanes: science, technology, and trends.** New Jersey: John Wiley & Sons, 2015.

SU, S., GU, J.; ,LEE, H.; WU, C.; TSOU, C.; SUEN, M. **Preparation and characterization of biodegradable polyurethanes composites containing thermally treated attapulgite nanorods.** Polymer Bulletin, Taipei, v. 73, p. 3119-3141, 2016.

SUAREZ, P. A. Z.; MENEGHETTI, S. M. P.; MENEGHETTI, M. R.; WOLF, C. R. **Transformação de triglicérides em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: algumas aplicações da catálise na oleoquímica.** Química Nova. 30 (3), 667-676, 2007.

THANGAVELU, S. A. G.; MUKHERJEE, M.; KANNAN, L.; CHELIKE, D. K.; SULTHANA, Y.R.; RAMAN, R.K.; ALAGUMALAI, A.; VAIRAMUTHU, M.; MANDAL, A.B. **Biodegradable polyurethanes foam and foam fullerenes nanocomposite strips by one-shot moulding: Physicochemical and mechanical properties.** Materials Science in Semiconductor Processing, v. 112, 2020.

TILLET,G; BOUTEVIN, B AMEDURI, B. **Chemical reactions of polymer crosslinking and post-crosslinking at room and medium temperature.** Progress in Polymer Science v.36, n.2, 191-217, 2011.

VILAR, W. D. **Química e Tecnologia dos Poliuretanos.** 2ª ed. Vilar Consultoria, 1998. Acesso em 12/07/2020 <www.poliuretanos.com.br>

WU, C.; TSOU, C.; TSENG, Y.; LEE, H.; SUEN, M.; GU, J.; TSOU, C.; CHIU, S. **Preparation and characterization of biodegradable polyurethanes composites filled with silver nanoparticles-decorated graphene.** Journal of polymer reseach. n. 263, v. 23, 2016.

YEGANEH, H.; LAKOURAJ, M. M.; JAMSHIDI, S. Synthesis and characterization of novel biodegradable epoxy-modified polyurethane elastomers. **Journal of polymer science**, Tehran, v. 43, ed. 14, p.2985-2996, 2005.

YILDIRIMER, L.; BUANZ, A.; GAISFORD, S.; MALINS, E. L.; BECER, C. R.; Moiemem, N.; Reynolds, G. M.; Seifalian, A.M. **Controllable degradation kinetics of POSS nanoparticle-integrated poly(ϵ - ϵ -caprolactone urea) urethane elastomers for tissue engineering applications.** Scientific reports. v. 5, n. 15040, 2015.

ZAREANSHAHRAKI, F.; LU, J.; YU, S.; KIAMANESH, A. **Progress in Organic Coatings Development of sustainable polyols with high bio-renewable content and their applications in thermoset coatings.** v.147, 2020.

ZHANG, C.; KESSLER, M. R. **Bio-based Polyurethane Foam Made from Compatible Blends of Vegetable-Oil-based Polyol and Petroleum-based Polyol.** ACS Sustainable Chemistry & Engineering. 3, 743-749, 2015.

ZHANG, J., HORI, N., TAKEMURA, A. **Influence of NCO/OH ratio on preparation of four agricultural wastes liquefied polyols based polyurethane foams.** Journal Pre-proof., 2020.

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
-  contato@arenaeditora.com.br
-  [@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora)
-  www.facebook.com/arenaeditora.com.br

A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável



www.arenaeditora.com.br



contato@arenaeditora.com.br



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



www.facebook.com/arenaeditora.com.br