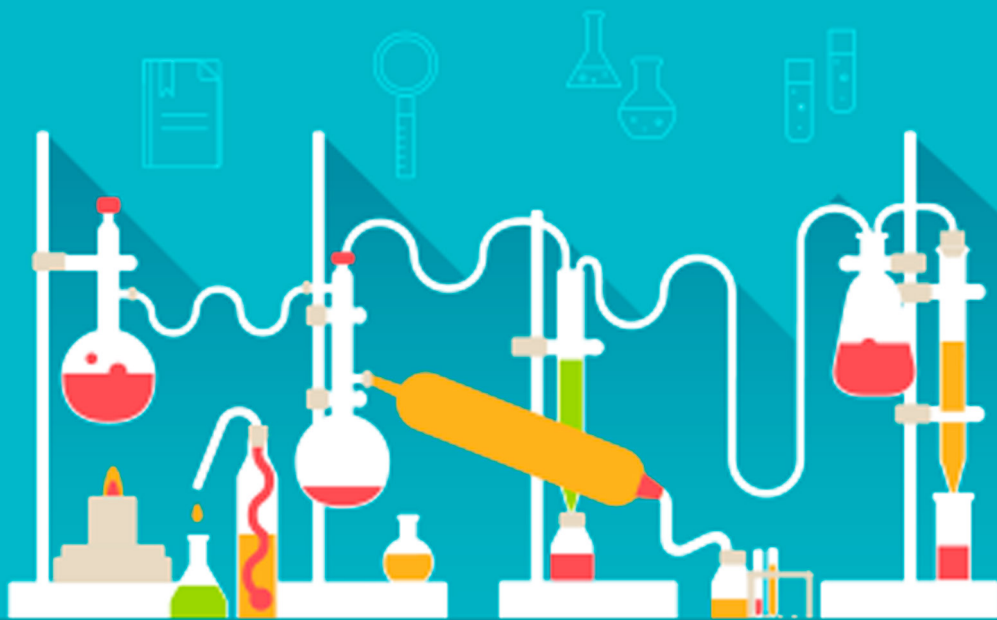


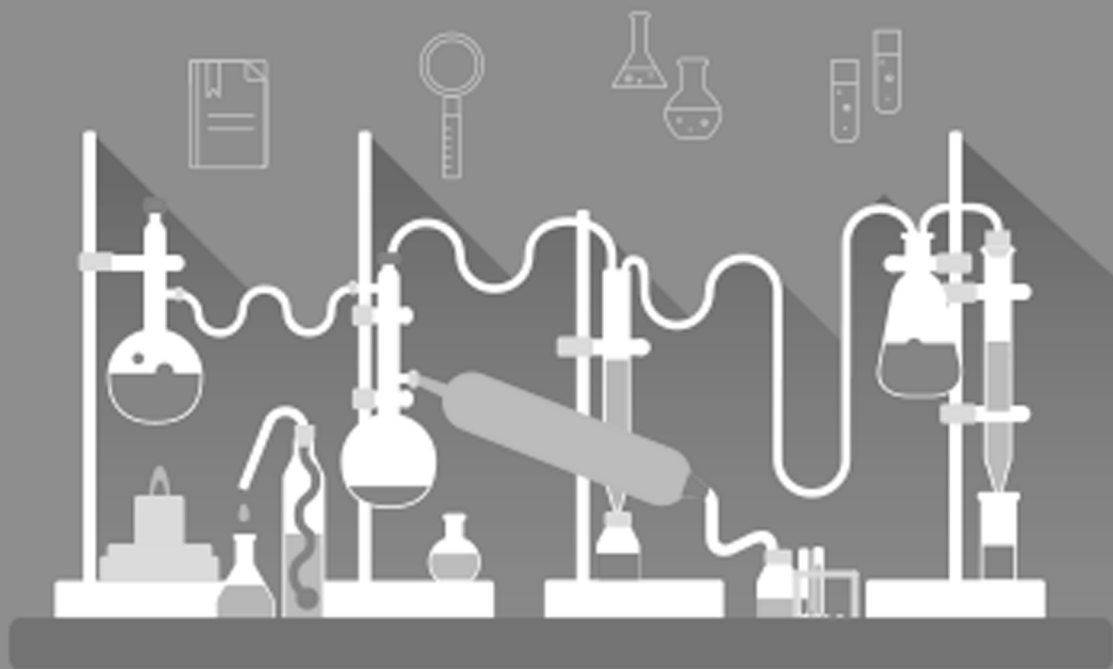
# A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável



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 Cremona

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  
Haniel Marçal Kops Hubert  
Vinícius Martins  
Luis Henrique Alves Cândido  
Ademir José Zattera

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

**CAPÍTULO 12..... 124**

**ENCAPSULAMENTO DE ZEÓLITA FERTILIZANTE UTILIZANDO BIOPOLÍMERO**

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

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

**CAPÍTULO 13..... 135**

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

Vitor Hugo Cordeiro Konarzewski  
Ruth Marlene Campomanes Santana  
Edson Luiz Fancisquetti

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

**CAPÍTULO 14..... 149**

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

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

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

**CAPÍTULO 15..... 162**

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

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

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

**CAPÍTULO 16..... 177**

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

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

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

**CAPÍTULO 17..... 184**

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

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

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

**CAPÍTULO 18..... 197**

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

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

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

**CAPÍTULO 19..... 209**

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

Matheus Borges Lopes

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

**CAPÍTULO 20..... 212**

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

Roberta Sorhaia Samayara Sousa Rocha de França  
Letícia Pinto  
Andréia Anschau

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

<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>224</b>
<b>PARTÍCULAS DE P(BA-CO-MMA)/PMMA CONTENDO ÁCIDO ITACÔNICO OBTIDAS ATRAVÉS DA COPOLIMERIZAÇÃO EM EMULSÃO</b>	
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>
<b>PECTINA: UM SUBPRODUTO VALIOSO DA INDÚSTRIA CITRÍCOLA</b>	
Camila Souza da Mata Losque Patrícia Reis Pinto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85920170922</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>247</b>
<b>PROJETO DE CERTIFICAÇÃO PARA PLÁSTICOS RECICLADOS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA: DE REFUGO A RECURSO</b>	
Ormene Carvalho Coutinho Dorneles Daniel Coutinho Dorneles	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85920170923</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>258</b>
<b>PROPRIEDADES DE COMPÓSITOS FABRICADOS COM RESÍDUO INDUSTRIAL, PROJETO E PROSPECÇÃO DE CUSTO DE PRODUÇÃO DE MOBILIÁRIO URBANO COM CONCEITO DE ECONOMIA CIRCULAR</b>	
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>
<b>PROPRIEDADES DE ESPUMAS DE POLI(URETANO-CO-ISOCIANURATO) BASEADAS EM DIFERENTES DIÓIS</b>	
Thiago do Carmo Rufino José Giaretta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.85920170925</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>292</b>
<b>SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE SÍLICA MESOPOROSA E SEU POTENCIAL USO COMO ADSORVENTE NA DESCONTAMINAÇÃO DE EFLUENTES</b>	
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**



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

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 12/06/2020

**Vitor Hugo Cordeiro Konarzewski**

LAPOL - Universidade Federal do Rio Grande  
do Sul  
Porto Alegre, RS  
<http://lattes.cnpq.br/7525477945388891>

**Ruth Marlene Campomanes Santana**

LAPOL - Universidade Federal do Rio Grande  
do Sul  
Porto Alegre, RS  
<http://lattes.cnpq.br/0920196032137472>

**Edson Luiz Fancisquetti**

Instituto Federal do Rio Grande do Sul  
Farroupilha, RS  
<http://lattes.cnpq.br/6164298311589928>

**RESUMO:** Os coletes balísticos são fabricados com polímeros de alto desempenho, como a poliaramida ou o polietileno de ultra alta massa molar (PEUAM), conhecida comercialmente como Spectra® ou Dyneema®. Em função de legislação o tempo de validade dos coletes balísticos no Brasil é estipulado pelos fabricantes, com prazo de apenas 5 anos. A caracterização inicial dos materiais busca identificar alterações relacionados a degradação por influência da exposição natural em um ano, avaliando a influência das alterações nas propriedades físicas envolvidas. Os coletes com diferentes datas de fabricação (2004 e 2007, usado por cinco anos e sem uso respectivamente) foram

usadas neste estudo e expostos ao intemperismo natural por um período total de um ano (fevereiro de 2014 a fevereiro de 2015), na cidade de Porto Alegre, região sul do Brasil. As amostras foram caracterizadas por ensaios ópticos (cor e brilho), umidade, FTIR, mecânicos e morfológicos, cujos resultados confirmaram a estabilidade no desempenho mecânico do material. Após o envelhecimento natural, observou-se que o processo de degradação é mais acentuado na camada externa das lâminas dos coletes (tecidos laminados com uma película polimérica), verificando-se baixa absorção de umidade, por se tratar de polímero hidrofóbico e pouca perda das propriedades mecânicas, indicando um tempo de vida útil dos coletes superior aos cinco anos de uso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Colete balístico, degradação, PEUAM, envelhecimento natural.

### NATURAL AGING: COMPARISON OF ULTRA HIGH MOLAR MASS POLYETHYLENE FABRICS APPLIED IN BALLISTIC PROTECTION

**ABSTRACT:** Armor vests are manufactured from high performance polymers such as polymer or ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE), named commercially as Spectra® or Dyneema®. Due to Brazilian legislation, the warranty of ballistic vests in Brazil is stipulated by manufacturers, by only 5 years. The initial characterization of materials search changes of the parameters for natural exposure degradation by one year, assessing the influence of the changes to the physical properties involved. The armour with different manufacturing dates (2004

and 2007, used for five years and unused armour respectively) were used in this study and were exposed to natural weathering for a total period of one year (February 2014 to February 2015), in Porto Alegre city, southern region in Brazil. The samples were characterized by optical tests (color and brightness), humidity, FTIR, mechanical and morphological tests, whose results confirmed the stability of the material. After natural aging, it was observed that the degradation process is more accentuated in the outer layer of armour sheets. (fabrics laminated with a polymeric film). Also was found low humidity absorption, because it is a hydrophobic polymer, and few losses of mechanical properties, indicating that life warranty could be bigger than five years of armor use.

**KEYWORDS:** Ballistic armor, degradation, UHMWPE, natural aging.

## 1 | INTRODUÇÃO

No Brasil existe um mercado potencial para uso de coletes balísticos de aproximadamente um milhão de usuários relacionados diretamente nas ações de polícia e outras atividades inerentes, cuja utilidade é incontestável tanto no meio militar como no policial (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2015). O desenvolvimento de fibras leves de alto desempenho ocorreu na década de 60 e 70, tais como a poliaramida (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2010), assim como o polietileno de ultra alta massa molar (PEUAM), conhecido comercialmente por Dyneema® ou Spectra®, variando no tocante à gramatura do polímero e combinação de blendas poliméricas na busca de redução do peso do equipamento sem comprometer a proteção e ergonomia (KURTZ, 2009) (ZHANG et al., 2015).

O PEUAM tem a massa molar mais elevada sendo utilizado como parâmetro acima de  $31 \times 10^5$ , possuindo elevada resistência à abrasão, baixo coeficiente de atrito, alta resistência a impactos, baixa absorção de água e excelente resistência à degradação química, tendo uma densidade aproximada de 970 a 980 Kg/m<sup>3</sup>, podendo flutuar sobre a água com ampla utilização para proteção balística (VIVAS, 2013) (PADOVANI; MEULMAN; LOUWERS, 2012).

Na confecção dos coletes os fios são entrelaçados num tecido, ou dispostos em lâminas com as fibras dispostas de forma paralela e calandradas. O número de lâminas irá determinar o nível de proteção do painel balístico, podendo chegar a mais de 30 camadas, de acordo com a matéria prima (C.B.C., 2013). No momento do impacto do projétil, a energia que ele possui é transferida para o painel por meio de fricção, absorção e dissipação das ondas de choque evitando a perfuração (SUDHIR SASTRY et al., 2014) (GALDINO, 2014) (SHAKTIVESH et al., 2013), conforme pode ser visualizado na Figura 1.

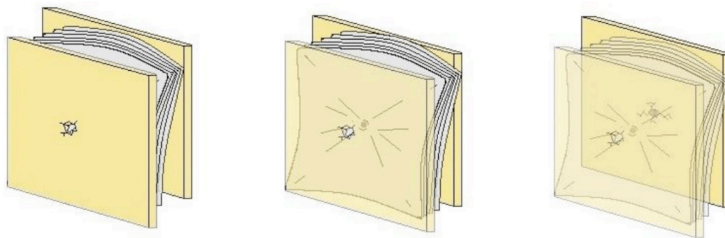


Figura 1 – Mecanismo do impacto balístico em amostras de multicamada

Independente da origem do material para confecção dos coletes balísticos, o prazo de validade dos coletes no Brasil é estipulado a partir da fabricação em cinco anos, sendo que a legislação determina a destruição do material por picotamento ou incineração após prazo teórico de vencimento (BRASIL, 2006) (OLIVEIRA, 2008) objetivando, dentro desse contexto, verificar a validade dos coletes balísticos. Este estudo tem como objetivo comparar o grau de degradação de fibras de polietileno de ultra alta massa molar (PEUAM) utilizadas como matéria prima para fabricação de coletes balísticos com diferentes datas de fabricação e uso, a fim de possibilitar estabelecer o real ciclo de degradação do produto, evitando-se perdas significativas de recursos públicos, sem o prejuízo do usuário. A caracterização inicial dos materiais visa avaliar a degradação do PEUAM por exposição ao intemperismo natural por um período total de um ano, comparando com amostras de coletes sem exposição à intempérie.

## 2 | EXPERIMENTAL

### 2.1 Materiais

As amostras de PEUAM foram oriundas dos coletes balísticos da Brigada Militar, vencidos há mais de cinco anos. As amostras dos tecidos dos coletes correspondiam a datas de fabricação de 2004 e 2007 denominados como Dyn04 e Dyn07 respectivamente. As fibras possuíam em média 1550 dtex (Dyn07n - colete sem uso) e Dyn04u (cujo colete foi utilizado normalmente por cinco anos). Os coletes foram preservados em local interno sem variação de umidade e luz desde 2010.

### 2.2 Procedimento experimental

Os tecidos foram recortados em tamanho 100 mm x 100 mm, a partir da primeira camada de proteção do colete, sendo expostos em ambiente natural entre fevereiro de 2014 e fevereiro de 2015, na cidade de Porto Alegre, conforme a Figura 2. A cada dois meses foi retirada uma amostra, cujo método adotado foi através da ASTM D1435-13.



Figura 2 - Amostra de PEUAM e corpos de provas utilizados em exposição à intempérie

As amostras de PEUAM foram separadas, sendo acondicionadas em local protegido da exposição à luz solar e variações de temperatura para posterior medição em série, a fim de manter as mesmas condições de testes.

### 2.3 Caracterização

As amostras antes e após envelhecimento natural foram caracterizados por análises ópticas (brilho e cor), umidade, infravermelho, ensaio mecânico de tração e análise morfológico. A cor foi avaliada com um colorímetro portátil modelo BYK Garden Spectro-guide, n6834 adotando-se o sistema de cores CIELAB, da Comissão Internacional de Iluminação, usando a norma ASTM D2244.

A umidade das amostras foi determinada por gravimetria. Foram pesadas todas as amostras previamente, sendo colocadas posteriormente numa estufa e mantidas a 60 °C. Após 72 horas foram retiradas e novamente pesadas, sendo que a partir da diferença das massas foi possível se obter o percentual de umidade dos tecidos. A espectroscopia de infravermelho por refletância total atenuada (FTIR-ATR) foi realizada no espectrofotômetro Perkin Elmer e software versão spectrum 10.03.06, na faixa compreendida entre 600 e 4000  $\text{cm}^{-1}$ .

As fibras foram coladas numa base de papel, com gramatura de 180g/m<sup>2</sup>, medindo 2 x 5 mm, sendo vazada ao centro. Figura-3-(a). Depois de fixadas foram realizados cortes laterais no centro da base, ficando somente a fibra submetida à tração(AGOPYAN; MOTTA, 2007).

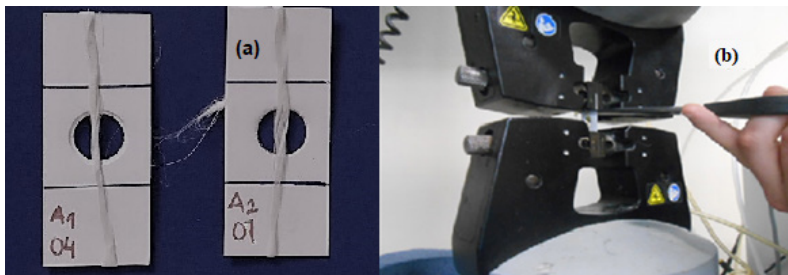


Figura 3 - Amostra de PEUAM e corpos de provas utilizados em teste de tração S.

Foi adotada a norma D3822M-14 para o ensaio de tração em função da limitação do tamanho das amostras, usando-se a máquina de ensaios universal INSTRON 3382. Para as amostras dos coletes foram utilizados fios com comprimento de 100 mm e velocidade do teste de 5 mm/min. Figura 3-(b).

A análise morfológica foi realizada por MEV, com ampliação de 1000 vezes no equipamento marca JOEL modelo 6060 e tensão de aceleração de 2 kV. As amostras foram previamente preparadas com o recobrimento da superfície por uma camada fina de ouro, utilizando-se um metalizador por um tempo de exposição de 3 minutos. Para o cálculo dos diâmetros de fibras de PEUAM utilizou-se uma escala de 50 microns e baseando-se na imagem dividida em áreas iguais contendo uma quantidade significativa de fibras para análise. Dentro de cada área, contou-se a quantidade de fibras, se obtendo o diâmetro das mesmas pela média.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Ação do intemperismo e absorção de umidade

Conforme a Figura 4, os índices de radiação UV foram severos ao longo do ano, estando próximos do máximo, não só no período do verão como no outono, os quais podem influenciar diretamente na degradação fotoquímica, cuja energia permite o rompimento das energias de ligação dos átomos de carbono.

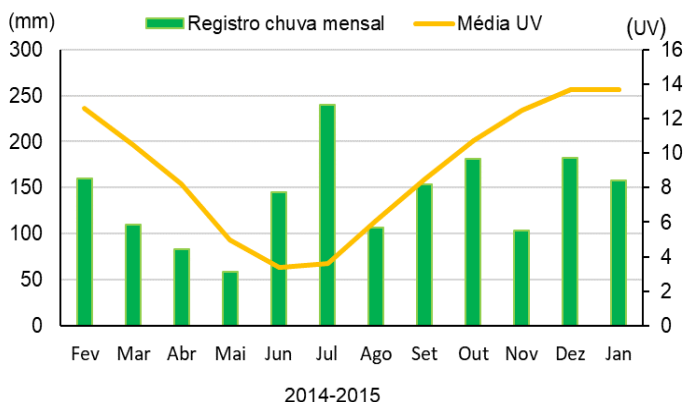


Figura 4 - Condições climáticas no período de exposição de 12 meses

O período de precipitação ao longo de um ano apresentou índices altos, especialmente entre o 5º e 10º mês, podendo ter influenciado diretamente na absorção de umidade das amostras.

Os resultados de absorção da umidade das fibras de PEUAM, conforme a Figura 5 no início da exposição à intempérie mostra que a amostra Dyn 04u absorveu  $0,47 \pm 0,06\%$  e Dyn 07n absorveu  $0,71 \pm 0,07\%$ .

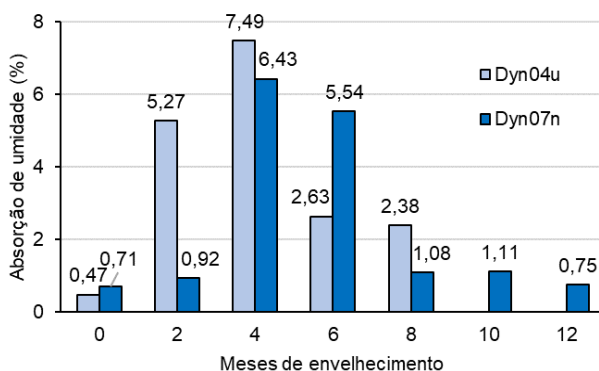


Figura 5 - Absorção de umidade nas amostras

As diferenças de absorção de umidade foram reduzidas ao longo de 12 meses, sendo que o aumento da absorção nos meses intermediários ocorreu principalmente em função do tipo de construção das lâminas. A ação do intemperismo sobre a amostra separou as camadas externas, expondo as fibras de PEUAM. A exposição

às chuvas acima da média gerou a degradação significativa, atingindo um pico aos seis meses de exposição. Este efeito pode ser observado nos primeiros meses, tanto na amostra Dyn04u quanto na Dyn07n.

### 3.2 Análise Colorimétrica

A Figura 6 (a) e (b) apresenta os resultados colorimétricos para o parâmetro “a” e “b” em amostras envelhecidas por 12 meses. Inicialmente, conforme a Figura 6-(a), observa-se uma alteração do vermelho para o verde destacada nos primeiros seis meses de envelhecimento das amostras Dyn04u e Dyn07n, com uma tendência à estabilização após seis meses de exposição.

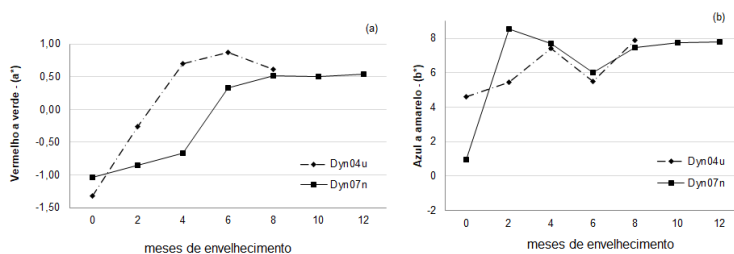


Figura 6 – Resultados da análise de colorimetria das amostras de PEUAM Dyn04u e Dyn07n: (a) parâmetro “a” (b) parâmetro “b”

Na Figuras 6-(b) são apresentados os resultados do parâmetro colorimétrico “b” das amostras de PEUAM Dyn04u, Dyn07n, onde é possível verificar uma tendência de amarelamento das amostras após envelhecidas nos dois primeiros meses, estabilizando-se posteriormente, o que reforça descobertas da estabilidade do material e baixa degradação por exposição à intempérie (FORSTER et al., 2015). Já a Figura 7 (a) refere-se aos parâmetros de luminosidade (L) e a figura 7-(b) ao brilho (G).

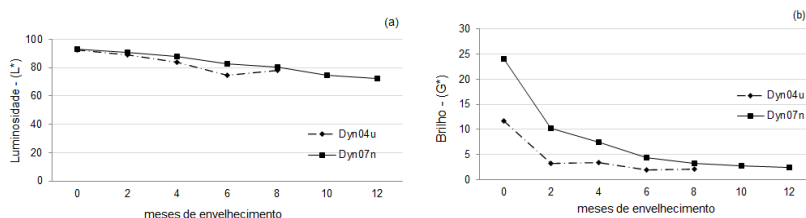


Figura 7 – Luminosidade (a) e brilho (g) das amostras de PEUAM Dyn04u e Dyn07n

Os resultados iniciais para o brilho das amostras, tanto a Dyn04u, quanto Dyn07n foram muito próximos inicialmente tendo uma redução gradual do referido parâmetro, mas sem apresentar um aumento de opacidade significativo, quando comparadas diferentes amostras do mesmo material expostas a intempérie. A perda de brilho é mais perceptível nas amostras Dyn04u, ressaltando-se que as perdas iniciais do brilho nas amostras do polietileno referem-se às camadas externas da blenda. Após dois meses de exposição à intempérie e à delaminação, a perda do brilho do PEUAM tende a se estabilizar.

### 3.3 Análise da degradação por FTIR

A Figura 8 apresenta os espectros de amostras Dyn04u, Dyn07n, comparando-se com padrão de amostra Dyn fibra, submetidas ao envelhecimento pelo período de um ano, para amostra Dyn04, usada por cinco anos, comparando-se com a amostra Dyn07n, sem uso, e envelhecida ao mesmo tempo da amostra Dyn04, cujo controle foi até os 8 meses em função de perda das amostras durante o processo de envelhecimento. Após 8 meses de exposição as amostras Dyn04u foram danificadas em função da delaminação das camadas externas da blenda, prejudicando o acompanhamento do resultado.

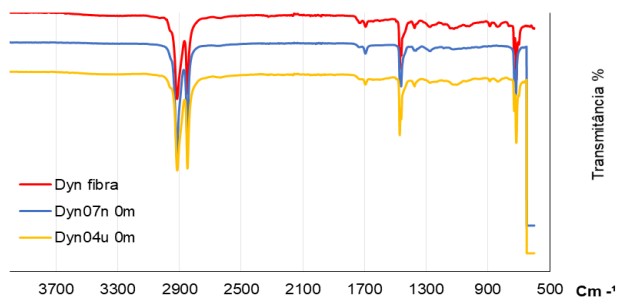


Figura 8 - Espectros de FTIR das amostras iniciais de PEUAM Dyn04u, Dyn07n e Dyn Fibra

Os espectros de amostras iniciais apresentados na Fig. 8 não mostraram mudanças significativas entre elas indicando que a proteção fornecida pela capa dos coletes ao longo de mais de 10 anos apresentou uma barreira eficaz (VIVAS, 2013). Tais resultados podem indicar que os mecanismos de cisão e reticulação das cadeias macromoleculares, que ocorrem com a exposição do PEUAM à degradação natural não foram encontrados com esta metodologia nas amostras.

As amostras envelhecidas foram sobrepostas e analisadas por FTIR, a



fim de compará-las com os resultados iniciais de PEUAM, sendo apresentadas na Figura 9. De uma forma geral, observa-se uma alteração mais pronunciada em algumas faixas de frequência, especialmente para as amostras envelhecidas por 8 e 12 meses. Conforme a Figura 7, em  $1720\text{ cm}^{-1}$ , as faixas de transmitância foram mais destacadas para as amostras Dyn04u em 8 meses de envelhecimento e Dyn07n após 12 meses. Nesta faixa de frequência, os grupos químicos analisados representam as carbonilas (C=O) e hidroperóxidos (RO-OH), os quais absorvem fortemente a radiação solar na região do UV, comprometendo a estabilidade destes polímeros e causando sua fotodegradação(VIVAS, 2013).

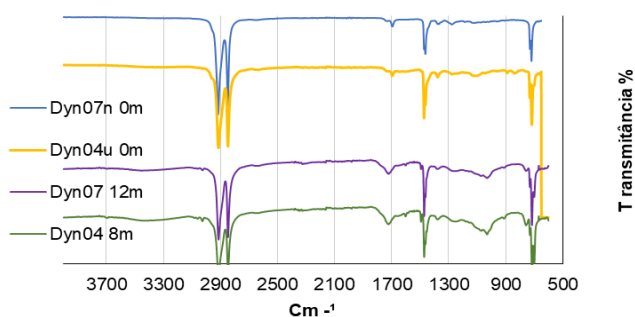


Figura 9 - Espectros de FTIR das amostras de PEUAM Dyn04u, Dyn07n submetidas ao envelhecimento natural

Na faixa de  $1472\text{ cm}^{-1}$ , observa-se flexão pouco pronunciada de moléculas do grupo  $\text{CH}_2$ , tanto para amostras Dyn04u quanto para Dyn07n. Na faixa próxima a  $1300$  e  $1260\text{ cm}^{-1}$ , existem indicativos de acoplamento das bandas e modificação da estrutura química, o que sugere o aumento da cristalinidade(BRANDÃO; PEREIRA; VIVAS, 2017). Na região compreendida entre  $1082$  e  $1020\text{ cm}^{-1}$  as alterações sugerem modificações de ligações simples entre C-O, que podem estar associadas a processos de hidrólise. A cisão das cadeias pode levar a aparição do grupo éster ( $-(\text{CO}-\text{O}-\text{C})$ ) (WIEBECK; HARADA, 2005). A superposição dos espectros apresenta a diferença entre as amostras envelhecidas, especialmente na faixa de  $1720\text{ cm}^{-1}$  e região próxima a  $1020\text{ cm}^{-1}$ , caracterizando a tendência à degradação por fotodegradação e hidrólise(DE PAOLI, 2009).

Na Tabela 2 são apresentados os resultados do ensaio de tração das fibras provenientes de coletes confeccionados com PEUAM expostas ao intemperismo natural em um ano. Inicialmente observa-se que não apresenta perda significativa da tenacidade das amostras iniciais Dyn04u e Dyn07n que nunca tinha sido utilizada e

estava preservada, comparada as amostras Dyn04u oriundas de um colete utilizado operacionalmente por 5 anos. A exposição das amostras expostas à intempérie ao longo de 12 meses, produziu uma pequena perda de tenacidade, assim como uma redução da capacidade de alongamento até a ruptura.

Tempo de exposição (meses)	Tenacidade (mN/dtex)		Elongação até Ruptura (%)	
	Dyn04u	Dyn07n	Dyn04u	Dyn07n
0	144,4 ± 23,9	145,1 ± 20,2	10	9
2	174,3 ± 37,3	209,3 ± 24,2	6	6
4	166,6 ± 12,6	209,4 ± 18,5	6	6
6	159,2 ± 20,0	214,3 ± 30,0	7	6
8	165,4 ± 23,6	138,1 ± 30,2	6	4
10	-*	126,1 ± 21,0	-*	4
12	-*	128,3 ± 24,5	-*	5

Tabela 2: Propriedades mecânicas do PEUAM antes e após exposição ao intemperismo

\*Amostras inviabilizadas

O resultado dessas perdas é compatível com a pesquisa de Padovani e outros autores ao verificar o comportamento do PEUAM em câmara de envelhecimento, indicando pouca perda de tenacidade ao longo de um período de envelhecimento artificial (PADOVANI; MEULMAN; LOUWERS, 2012).

A Figura 10 apresenta a lâmina em seu aspecto original, Figura 10-(a), antes de ser exposta ao envelhecimento natural, e após um ano, onde observa-se a delaminação da blenda composta por polietileno de baixa densidade, ficando somente a fibra de PEUAM, Figura 10-(b).

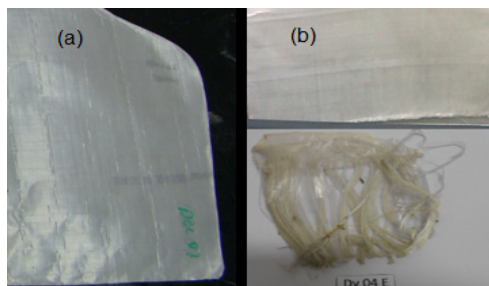


Figura 10 – Imagem de lâmina PEUAM: (a) antes e (b) após envelhecimento natural no período total de um ano

Quanto às condições climáticas, as fibras de polietileno de baixa densidade que recobrem o PEUAM por meio de blenda, além de degradação oxidativa e térmica, podem sofrer degradação fotoquímica após serem formados alguns grupos cromóforos nas suas macromoléculas. Tal oxidação influenciou a cor do filme de recobrimento, deixando-o num tom com tendência ao amarelado. A Figura 11 apresenta a imagem em MEV das amostras iniciais de Dyn04u (a) e Dyn07n (b), ampliadas 1000 vezes. Observa-se pouca variação do diâmetro da fibra de PEUAM das amostras do ano de 2004 e de 2007, sem uso. A avaliação da morfologia indica que inicialmente as amostras das fibras mantém sua estabilidade, mesmo passados cinco anos de uso, para as fibras de Dyn 04u, sem maiores diferenças morfológicas comparando-se às fibras de Dyn 07n.

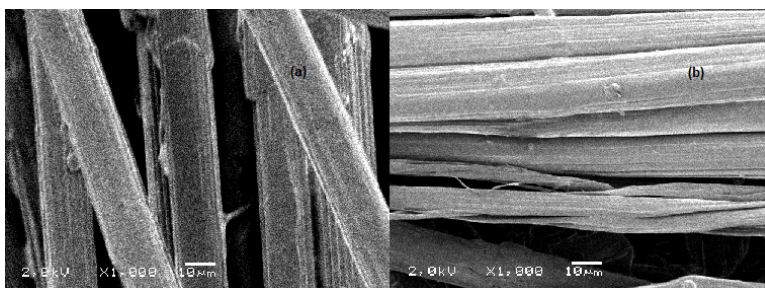


Figura 11 – Micrografia das fibras das amostras: (a) Dyn04u e (b) Dyn07n

A tabela 3 apresenta o diâmetro comparados das fibras de PEUAM ao longo do processo de envelhecimento natural. Observa-se pouca variação do diâmetro da fibra de PEUAM das amostras do ano de 2004 de coletes utilizados por cinco anos contínuos e das amostras de coletes de 2007, sem uso.

Meses	PEUAM	
	Dyn04u ( $\mu\text{m}$ )	Dyn07n ( $\mu\text{m}$ )
0	17,62 $\pm$ 0,5	17,97 $\pm$ 0,81
4	17,74 $\pm$ 0,45	17,98 $\pm$ 0,82
8	17,80 $\pm$ 0,36	17,81 $\pm$ 0,35
12	-	18,31 $\pm$ 0,37

Tabela 3 - Diâmetro de fibras de PEUAM ao longo de um ano de envelhecimento

A avaliação da morfologia indica que inicialmente as fibras mantém sua

estabilidade, tanto no caso de Dyn 04u, como as fibras de Dyn 07n, inferindo-se que a estabilidade da fibra perante o uso normal do colete não foi afetada significativamente em cinco anos, ainda de acordo com estudos anteriores (CHABBA et al., 2007). Mesmo considerando-se a degradação em 12 meses, a variação do diâmetro das fibras foi baixa, próxima a 2%. A análise da variação de diâmetros das fibras de PEUAM em função da primeira camada dos coletes indica uma estabilidade da fibra de poliaramida, compreendendo entre 17,62 e 18,59  $\mu\text{m}$ . Tais dimensões são compatíveis com Padovani (PADOVANI; MEULMAN; LOUWERS, 2012) e até inferiores ao diâmetro médio apresentado por Rocha et al. (ROCHA; MANSUR; MANSUR, 2009), que apontou 23,47  $\mu\text{m}$ .

## 4 | CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo mostraram que a forma de construção de um colete, o método de confecção de suas lâminas e as condições climáticas podem influenciar nas perdas do desempenho mecânico das amostras expostas. As maiores frequências de precipitações do período podem ter facilitado o aparecimento de stress-cracking na blenda que compõe o colete de PEUAM da fibra. Os resultados obtidos para amostras iniciais de polietileno não apresentaram perdas acentuadas de propriedades mecânicas das fibras de PEUAM, tampouco diferenças significativas do diâmetro das amostras iniciais, fato que reforça a orientação dos fabricantes de coletes de manter a proteção da fibra à exposição da luz com armazenagem de painéis balísticos de forma adequada, longe da incidência da luz e umidade excessiva. Mesmo sob uma exposição severa à intempérie, onde os picos de incidência de radiação U.V. foram extremos em boa parte do ano com exposição contínua à chuva, calor e sol, as amostras apresentaram uma boa estabilidade, muito além dos cinco anos de usuais de garantia dos coletes balísticos, levando a crer que a vida útil destes polímeros de alto desempenho vão muito além da especificação comercial, o que pode representar uma substancial economia.

Embora tenha mostrado um pequeno aumento no amarelamento, perda do brilho e aparição de grupo carbonila após 8 meses de exposição, esta condição de envelhecimento foi realizada com os tecidos e não com a camada de proteção do colete.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao LAPOL-UFRGS, à Brigada Militar do Estado do Rio Grande do Sul e ao IFSUL – Farroupilha.

## REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, Vahan; MOTTA, Leila Aparecida de Castro. **Caracterização de Fibras Curtas Empregadas na Construção Civil**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP Departamento, [s. l.], p. 23, 2007.
- BRANDÃO, Darcia; PEREIRA, Iaci M.; VIVAS, Viviane. **Avaliação do envelhecimento acelerado com lâmpada de xenônio de fibras de PEUAPM**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/ipqm/sites/www.marinha.mil.br/ipqm/files/etmq/18.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2018.
- BRASIL, Exército Brasileiro. **Portaria Nº 18 - D LOG**. 2006. Disponível em: <<http://www.dfpc.eb.mil.br/index.php/noticias-menu/302-blindagem-balistica>>.
- C.B.C. . **CBC Nacional**. [s. l.], 2013. Disponível em: <<http://www.cbc.com.br/coleteres-balisticos-subcat-29.ht>>. Acesso em: 21 out. 2013.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Materiais Avançados no Brasil 2010-2022**. Brasília,2010.
- CHABBA, S. et al. **Accelerated aging study of ultra high molecular weight polyethylene yarn and unidirectional composites for ballistic applications**. Journal of Materials Science, [s. l.], v. 42, n. 8, p. 2891–2893, 2007. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10853-007-1617-7>>. Acesso em: 5 set. 2018.
- DE PAOLI, Marco-Aurelio. **Degradação E Estabilização De Polímeros**. [s. l.], p. 286, 2009.
- EXÉRCITO BRASILEIRO. **Relatório do Comando Terrestre**. Brasília, DF.
- FORSTER, Amanda L. et al. **Long-term stability of UHMWPE fibers**. [s. l.], v. 114, p. 45–51, 2015.
- GALDINO, Gérson Vargas. **Avaliação do efeito do reprocessamento do polietileno de ultra alto peso molecular sobre suas propriedades mecânicas, térmicas e morfológicas**. 2014. [s. l.], 2014. Disponível em: <<http://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/3257/1/458759.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2018.
- KURTZ, Steven M. **Uhmwpe Biomaterials Handbook**. [s.l.] : Elsevier Inc., 2009.
- OLIVEIRA, Cristiane Nunes De. **Validade dos Coletes Balísticos**. Porto Alegre, 2008.
- PADOVANI, Michela; MEULMAN, Johannes H.; LOUWERS, Dirk. **Effect of Real Aging on Ballistic Articles made of Dyneema® UD**. Pass 2012, [s. l.], n. 1, p. 1–10, 2012. Disponível em: <<https://www.army-technology.com/wp-content/uploads/sites/3/2017/09/3bb07265-1eba-4fb2-b1ad-b0a6c8020dd3.pdf>>. Acesso em: 5 set. 2018.
- ROCHA, Magda; MANSUR, Alexandra; MANSUR, Herman. **Characterization and Accelerated Ageing of UHMWPE Used in Orthopedic Prosthesis by Peroxide**. Materials, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 562–576, 2009. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1996-1944/2/2/562>>. Acesso em: 15 out. 2017.

SHAKTIVESH et al. **Ballistic impact performance of composite targets.** *Materials and Design*, [s. l.], v. 51, p. 833–846, 2013.

SUDHIR SASTRY, Y. B. et al. **Studies on ballistic impact of the composite panels.** *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, [s. l.], v. 72, n. 1, p. 2–12, 2014.

VIVAS, Viviane. **Influência da degradação ambiental no comportamento mecânico e balístico de compósitos produzidos com fibra de Polietileno De Ultra Alto Peso Molecular.** 2013. [s. l.], 2013. Disponível em: <[http://www.ime.eb.mil.br/arquivos/teses/se4/cm/dissertacao\\_Viviane\\_Vivas.pdf](http://www.ime.eb.mil.br/arquivos/teses/se4/cm/dissertacao_Viviane_Vivas.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2017.

WIEBECK, Hélio; HARADA, Julio. **Poliétileno de ultra alto peso molecular - PEUAPM.** *Plásticos de engenharia - Tecnologia e aplicações*, [s. l.], 2005.

ZHANG, Timothy G. et al. **Ballistic impact response of Ultra-High-Molecular-Weight Polyethylene (UHMWPE).** *Composite Structures*, [s. l.], v. 133, p. 191–201, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263822315005905>>. Acesso em: 30 set. 2018.

## 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)