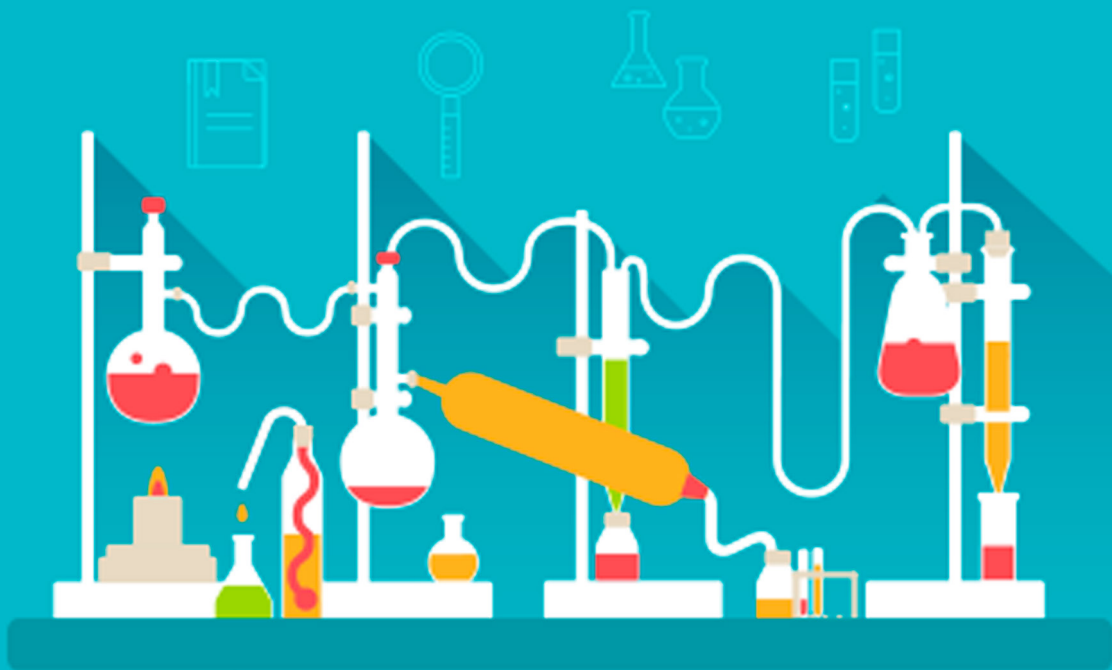


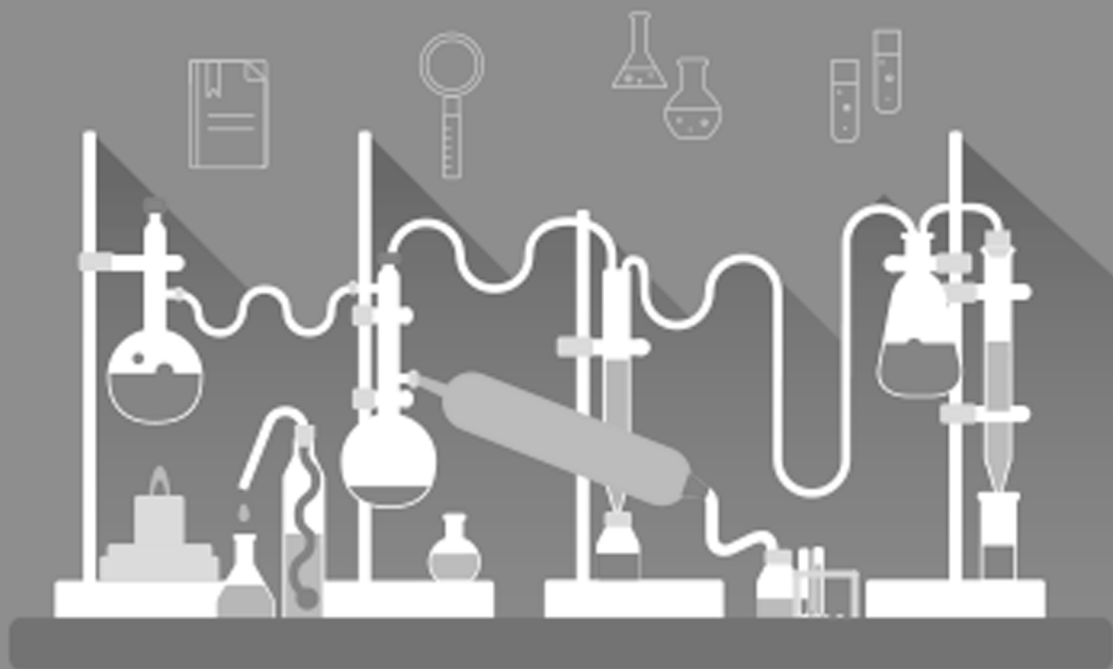
# A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável



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

Daniela Martins Fernandes de Oliveira

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

**CAPÍTULO 27..... 307**

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

Ingrid Ribeiro

Wanyr Romero Ferreira

Aline Pereira Leite Nunes

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

**CAPÍTULO 28..... 315**

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

Marília Cheis Farina

Rafaela Reis Ferreira

Anderson Maia

Rondes Ferreira da Silva Torin

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

**CAPÍTULO 29..... 322**

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

Kívia Mislaine Albano

Vania Regina Nicoletti

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

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

**ÍNDICE REMISSIVO..... 334**



## ENCAPSULAMENTO DE ZEÓLITA FERTILIZANTE UTILIZANDO BIOPOLÍMERO

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 07/07/2020

### **Suzana Frighetto Ferrarini**

UERGS, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Unidade Hortênsias  
São Francisco de Paula – RS  
PUCRS  
Porto Alegre – RS  
<http://lattes.cnpq.br/8091675289256349>

### **Beatriz Bonetti**

PUCRS  
Porto Alegre – RS  
<http://lattes.cnpq.br/6338628905928513>

### **Marta Eliza Hammerschmitt**

PUCRS  
Porto Alegre – RS  
<http://lattes.cnpq.br/0652400462960299>

### **Camila Fensterseifer Galli**

PUCRS  
Porto Alegre – RS  
<http://lattes.cnpq.br/2037799596007446>

### **Marçal José Rodrigues Pires**

PUCRS  
Porto Alegre – RS  
<http://lattes.cnpq.br/2495957476572303>

**RESUMO:** A utilização de compósitos a base de biopolímero e zeólita é promissora para diferentes aplicações na área ambiental, uma vez que, substituem substâncias a base de petróleo e trazem uma abordagem sustentável. A utilização

de fertilizantes de liberação lenta, fertilizantes zeolíticos revestidos com biopolímeros para o desenvolvimento de diferentes sementes, é um importante fator na produção de mudas com melhores qualidades. Esses compósitos podem atender demandas nutricionais de diferentes espécies e estender o intervalo entre as aplicações ao proporcionar uma liberação mais gradual. Neste cenário, o estudo visou a otimização do preparo de uma zeólita fertilizante encapsulada com o biopolímero quitosana, afim de obter um fertilizante de liberação lenta. Testes de lixiviação do compósito (cápsula quitosana/zeólita fertilizante) foram realizados e indicaram uma liberação lenta do K no período investigado. O teste de comparação com uma zeólita sem encapsulamento mostrou uma liberação total do nutriente em um período relativamente menor (24 h). Um acompanhamento de propriedades como condutividade e pH da solução, ao longo do período dos testes, complementaram os estudos de lixiviação. Os resultados preliminares obtidos para o compósito desenvolvido, indicaram a viabilidade de obtenção de um fertilizante a base de K, com liberação lenta, garantindo à planta uma adequada manutenção do nutriente no período essencial do seu crescimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cápsulas de zeólita fertilizante, uso de biopolímero, fertilização do solo, liberação lenta.

### **ZEOLITE FERTILIZER ENCAPSULATION UTILIZING BIOPOLYMER**

**ABSTRACT:** The use of composites based on biopolymer and zeolite is promising for different

applications in the environmental field, once they replace petroleum based substances and offer a sustainable approach. The use of slow-release fertilizers, zeolitic fertilizers coated with biopolymers for development of different seeds, is an important factor in the production of seedlings with better qualities. These composites can meet nutritional demands of different species and extend the interval between applications by providing a more gradual release. In this scenario, the study aimed to optimize the preparation of a fertilizer zeolite encapsulated with the chitosan biopolymer, in order to obtain a slow release fertilizer. Leaching tests for the composite (chitosan/zeolite capsule fertilizer) were performed and indicated a slow release of K on the investigated period. The comparison test with a zeolite without encapsulation presented a total release of the nutrient in a relatively shorter period (24 h). A properties monitoring such as solutions conductivity and pH, throughout the testing period, complemented the leaching studies. The preliminary results obtained for the developed composite indicated the viability of obtaining a K-based fertilizer, with slow release, ensuring to the plant an adequate nutrient maintenance during its essential period of growth.

**KEYWORDS:** Zeolite fertilizer capsules, use of biopolymer, soil fertilization, slow release.

## 1 | INTRODUÇÃO

A aplicação de fertilizantes dá-se em grande parte devido à incapacidade de os vegetais produzirem seu próprio alimento e a baixa fertilidade da grande maioria dos solos. Esses materiais são compostos orgânicos ou inorgânicos que tem a finalidade de repor os nutrientes essenciais ao desenvolvimento vegetal. Apesar de serem abundantes no meio ambiente, os macronutrientes como, por exemplo, N, P e K, são de difícil assimilação pelos vegetais. Esse fato está relacionado principalmente com a forma com que estas substâncias estão disponíveis. Nesta classe de nutrientes/fertilizantes pode-se destacar os a base de potássio (K) que, além de atuarem no desenvolvimento das sementes, possuem a importante função de defesa dos vegetais contra doenças [1].

Em nível mundial, o fertilizante a base de K mais utilizado é o cloreto de potássio (KCl) respondendo por quase 70% de toda a demanda. Em países como Estados Unidos, Brasil e Índia, os fertilizantes a base de K representam mais de 90% das vendas [2].

Diversos estudos [3,4,5,6,7] utilizam zeólitas (aluminossilicatos) como fertilizantes por serem reguladoras de crescimento, prevenirem pragas, aumentarem a absorção e retenção de nutrientes, água e micronutrientes pelos vegetais [3]. Entretanto, na maioria dos estudos citados, há a utilização de zeólitas naturais e no formato de pó.

A utilização de zeólitas produzidas de resíduos ambientais como as cinzas resultantes da queima de carvão, ricos em Si e Al, é vantajosa tanto do ponto de

vista ambiental, quanto do ponto de vista econômico pois possibilitam a agregação de valor a um subproduto que é produzido em grande escala, principalmente na região Sul do Brasil.

O encapsulamento/revestimento da zeólita fertilizante utilizando polímeros biodegradáveis (quitosana, quitina, xantana, entre outros) possui várias vantagens, entre elas: a minimização de perdas do nutriente, a liberação gradativa do nutriente, além de manter a umidade por um tempo relativamente maior, tão essencial nos primeiros períodos de crescimento e desenvolvimento da planta. Diante disso, os nutrientes presentes na estrutura porosa da zeólita poderão ser liberados gradativamente, garantindo a manutenção de um sincronismo entre a liberação de nutrientes ao longo do tempo e, as necessidades nutricionais, favorecendo assim o crescimento e o desenvolvimento adequado das plantas [8]. Em tal casos, a aplicação da zeólita fertilizante no formato pó acaba não sendo favorável.

O Encapsulamento de fertilizantes nitrogenados e fosfatados de liberação lenta é relatada na literatura [8,9,10] entretanto, não foi localizado nenhum trabalho que faça a união das propriedades da zeólita como fertilizante e as propriedades de um filme polimérico biodegradável para liberação do nutriente K.

Diante do exposto, o propósito da presente pesquisa é avaliar o encapsulamento de uma zeólita potássica (do tipo 3A) com o uso do biopolímero quitosana empregando-se a técnica de gotejamento e, posteriormente, aplicá-la em testes de lixiviação a fim de simular a liberação do nutriente K. Pata tanto, os dados serão comparados com uma zeólita fertilizante do mesmo tipo sem a mesma passar pelo processo de encapsulamento, ou seja, na forma de pó, e também fertilizantes comerciais, entre estes, um fertilizante encapsulado (com revestimento).

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

A zeólita fertilizante utilizada, do tipo 3A, foi obtida através de um processo de troca iônica otimizado em estudos anteriores do grupo [11] e possui um carregamento inicial em massa de K de 14%. Para tanto, a zeólita de partida foi do tipo 4A obtida pela ativação hidrotérmica de cinzas de carvão (cinzas leves de carvão do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda - CTJL, situado no município de Capivari de Baixo/SC). Esse processo também foi otimizado em estudos feitos no grupo de pesquisa [12].

Quitosana comercial (Aldrich), ácido acético glacial anidro (Merck) e solução de hidróxido de sódio 2 mol L<sup>-1</sup> (Merk) foram utilizadas para o processo de formação e de encapsulamento da zeólita fertilizante.

## 2.2 Encapsulamento da zeólita fertilizante

O método de preparo das cápsulas baseou-se em adaptação da literatura onde foi utilizado para o preparo das mesmas montmorilonita (grupo de minerais argilosos) [13]. Além da substituição da montmorilonita pela zeólita fertilizante, como adaptação principal cita-se a concentração do ácido. As zeólitas, especialmente as do tipo A, sofrem degradação em meio ácido, dessa forma, com base em extenso estudo (resultados não apresentados), chegou-se a concentração segura do ácido acético de 0,25% (v/v). Desta forma, o preparo baseou-se na solubilização inicial da quitosana em meio ácido em temperatura ambiente e sob agitação magnética. Na sequência, um percentual de 33% em zeólita fertilizante foi incorporada sob agitação, até a completa solubilização da quitosana e dispersão da carga (zeólita fertilizante) na matriz polimérica. A mistura quitosana zeólita fertilizante, quitosana pura (branco) e quitosana bentonita (teste de adaptação)<sup>1</sup> seguiram para a etapa de gotejamento. Para tanto, uma seringa foi empregada e a mistura gotejada em uma solução de NaOH 2 molL<sup>-1</sup> originando as cápsulas. A etapa final envolveu a separação das cápsulas da solução empregando-se filtração a vácuo e lavagem com água deionizada até pH neutro (Fig.1A) e, posterior secagem a uma temperatura de 60 °C (Fig.1B).



Figura 1. A - Microesferas de quitosana após filtração; B - Microesferas após secagem.

## 2.3 Testes de lixiviação em solução aquosa

Os testes basearam-se na norma Europeia EN 13266 [14] e foram realizados utilizando-se água deionizada e temperatura ambiente. As amostras submetidas ao teste foram: cápsulas de quitosana contendo a zeólita fertilizante, zeólita fertilizante na forma de pó, ou seja, sem encapsulamento três fertilizantes comerciais denominados aqui de x, y e z contendo diferentes teores de K (teores de K em percentual mássico: x=17; y=34 e z=41%). O teste foi realizado em triplicata para

<sup>1</sup> O artigo tomado como base neste estudo empregou um tipo de argila, ou seja, a montmorilonita. Neste sentido, apenas com o intuito de comparação, foi preparado uma cápsula contendo quitosana e bentonita. A bentonita é uma argila com alto teor de montmorilonita, justificando a sua escolha.

cada uma das 5 amostras envolvidas onde, após pesagem, houve a transferência para pequenos “bags” (sacos de nylon). Os bags foram submersos, sem encostar no fundo do recipiente (Fig.2). O procedimento de substituição da solução de lixiviação (água deionizada), nos referidos períodos (1, 3, 7 e 14 dias), foi realizado removendo-se o líquido de contato e, adicionando-se novamente o mesmo volume de água nos bags. Após a troca do líquido, os bags foram recolocados para formar nova solução de lixiviação.

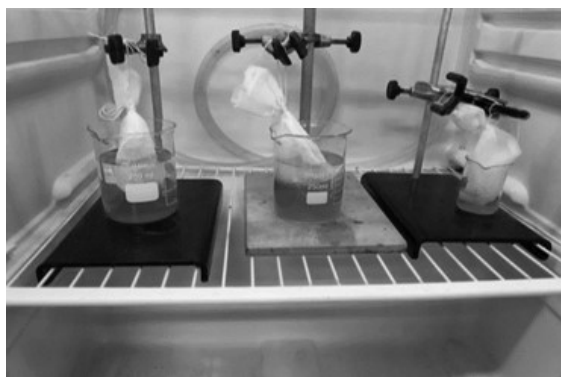


Figura 2. Sistema de realização dos testes de lixiviação segundo norma Europeia EN 13266.

Além da concentração de K, parâmetros como pH e condutividade também foram monitorados ao longo de todo o período do teste de lixiviação, nas diferentes amostras.

## 2.4 Instrumentação

A morfologia e distribuição das cargas nas cápsulas de quitosana foram avaliadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Esta técnica também foi empregada para uma caracterização morfológica dos fertilizantes comerciais.

A concentração inicial de K na zeólita fertilizante e em cada um dos fertilizantes comerciais foram feitas empregando-se a técnica de Fluorescência de Raio-X.

O monitoramento das concentrações de K durante o teste de lixiviação foi feita com o uso da técnica de Cromatografia Iônica.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Caracterização das cápsulas e fertilizantes comerciais

A Figura 3 traz imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura para a

cápsula de quitosana pura (branco da análise), cápsula quitosana/zeólita fertilizante (compósito biopolímero/zeólita) e cápsula de quitosana/bentonita. Através da figura é possível observar que para a cápsula de quitosana pura (Fig.3A) restaram fragmentos do biopolímero não solubilizados. Esse fato mostra que a concentração do ácido utilizada possivelmente não tenha sido adequada, porém, ao se empregar uma concentração superior a utilizada, a estrutura zeolítica é atacada. Manter a estrutura da zeólita intacta durante o preparo das cápsulas é de suma importância para que a mesma desempenhe suas funções fertilizante. Devido a isso, a concentração de ácido foi mantida nos próximos testes. Já, para a cápsula de quitosana/zeólita fertilizante (Fig.3B) pode-se notar claramente a presença da estrutura típica da zeólita A (cubos facetados), intacta e com um bom revestimento de quitosana. Observa-se também que a carga (zeólita fertilizante) encontra-se bem dispersa na quitosana demonstrando a compatibilização das fases [13] e, também, que a argila pode tranquilamente ser substituída pela zeólita. A Figura 3C mostra a imagem obtida para a cápsula de quitosana e bentonita e, demonstra essa compatibilização das fases citada.

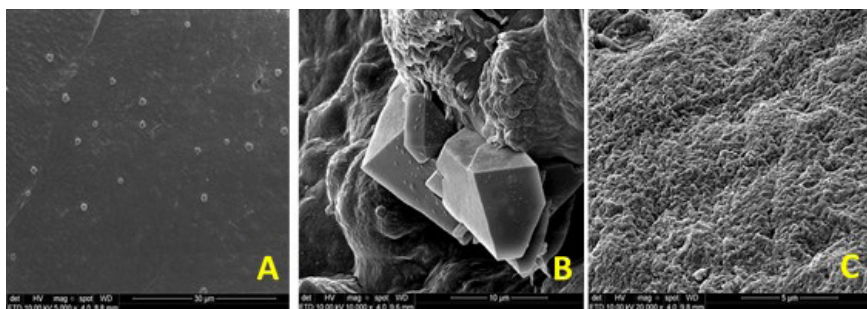


Figura 3. Imagens MEV: A –Cápsula de quitosana pura; B –Cápsula de quitosana/zeólita fertilizante (zeólita potássica); C - Cápsula de quitosana/bentonita.

A Figura 4 traz a caracterização obtida também por Microscopia Eletrônica para os fertilizantes comerciais utilizados neste trabalho. A utilização dos mesmos teve a finalidade de comparação com o compósito quitosana/zeólita fertilizante em termos de liberação lenta do nutriente K. Para essa caracterização morfológica não foram encontrados dados na literatura para comparação. Salienta-se apenas que os fertilizantes y e z possuem uma morfologia de certa forma até semelhante com as zeólitas, ou seja, com faces bem definidas, até mesmo com formato de um cubo no caso do fertilizante Z. Entretanto, foi encontrado um trabalho que teve como um dos objetivos a comprovação do revestimento polimérico do fertilizante comercial Z (fertilizante revestido) porém, com o nutriente N ao invés de K. Neste trabalho a

imagem MEV sugere que o mesmo não possui revestimento [15]. Essa constatação é condizente com os dados de liberação de K obtidos para o fertilizante revestido e, serão apresentados posteriormente.

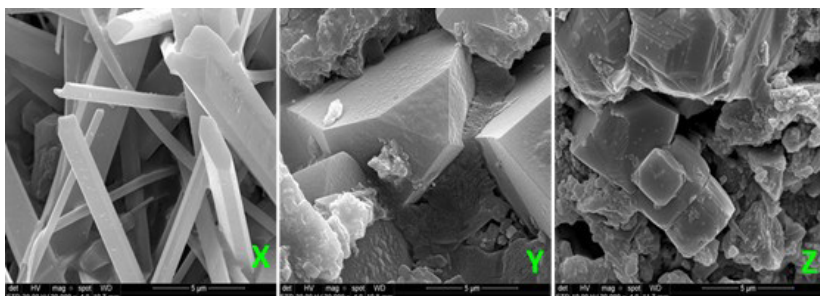


Figura 4. Imagens MEV dos fertilizantes comerciais: A – Fertilizante x; B – Fertilizante y; C – Fertilizante Z.

## 3.2 Testes de lixiviação segundo EN 13266

### 3.2.1 Monitoramento da condutividade e do pH

Os parâmetros pH e condutividade foram avaliadas em paralelo ao período dos testes em todas as amostras investigadas. O parâmetro condutividade, de forma geral, apresentou os maiores valores nas primeiras 24 h de lixiviação e, possivelmente relacionam-se com a liberação de uma ampla variedade de eletrólitos na solução. Entretanto, para o parâmetro pH, os valores variaram em menor amplitude ao longo do teste. Para os três fertilizantes comerciais, o pH variou ~1 unidade e oscilou entre 6,0 a 7,0. Entretanto, para as cápsulas de quitosana as variações foram relativamente maiores oscilando de 7,0 a 12. Essa oscilação (aumento da basicidade) provavelmente está associada ao processo de formação das cápsulas que ocorreu em meio alcalino. Esse dado mostra que mesmo após o processo de lavagem até pH neutro restam vestígios do reagente alcalino empregado. As zeólitas possuem estrutura porosa e, além disso, estão revestidas pelo biopolímero, fatos estes que podem justificar o ocorrido, ou seja, a alcalinidade residual é liberada dessa estrutura quando ocorre o contato com a solução de lixiviação, neste caso, a água. Um terceiro fator que deve ser levado em consideração é que a própria zeólita de partida é produzida em meio altamente alcalino (NaOH 2 mol/L).

A significativa elevação do pH do meio ocorrida nas zeólitas encapsuladas demonstram a necessidade de novos testes de forma a avaliar a influência deste na liberação do K.

### 3.2.2 Monitoramento da liberação de potássio

O resultado dos testes de lixiviação para os três fertilizantes comerciais obtidos para K por Cromatografia Iônica, em 1, 3, 7 e 14 dias, demonstraram uma capacidade de liberação de K extremamente rápida já nas primeiras 24 h sendo, em média 100, 79 e 87% para os fertilizantes x, y, z, respectivamente (Fig.5). Este comportamento sugere que mesmo com um revestimento triplo (fertilizante z), em condições extremas, não é possível reter o nutriente no interior de suas camadas por um longo período. Conforme comentado no item Caracterização, dados da literatura [15] mostram que não foi possível comprovar a existência das camadas de revestimento polimérica para o fertilizante comercial z. A única diferença para o fertilizante deste estudo é o tipo de nutriente presente N ao invés de K.

Na Figura 5 também é apresentado os resultados do mesmo teste de lixiviação, porém na zeólita fertilizante encapsulada no biopolímero quitosana (Zeo-PCE) e na zeólita fertilizante sem encapsulamento, ou seja, no formato de pó (Zeo-PSE). Os percentuais de liberação de K (foram calculados com base na concentração inicial de K obtidos pela técnica de FRX) indicam que o encapsulamento com o biopolímero proporcionou uma liberação mais lenta do nutriente (22% em 24 h). Para essa amostra obteve-se uma liberação de 27% de K ao longo dos 14 dias.

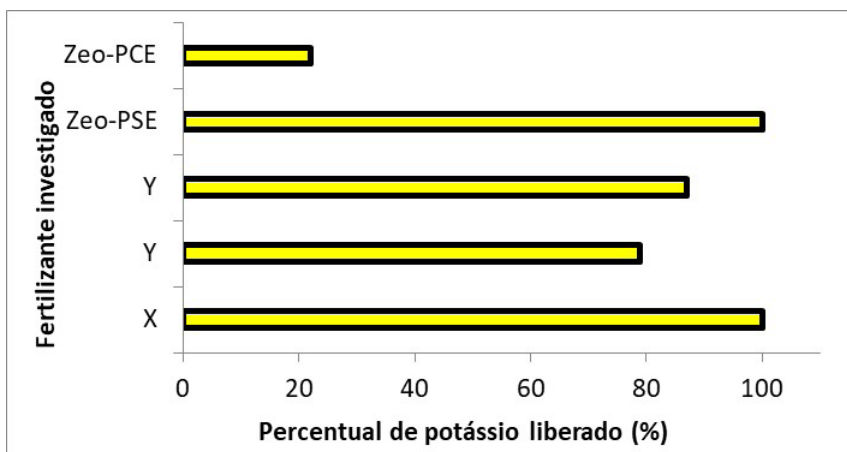


Figura 5. Percentual de potássio liberado no período de 24 horas de lixiviação para os fertilizantes comerciais (X, Y e Z) e para as zeólitas fertilizantes sem (Zeo-PSE) e com encapsulamento (Zeo-PCE).

Esses resultados indicam a necessidade de continuidade do trabalho e realização de novos testes a fim de melhor avaliar os fatores que possam estar contribuindo para tais resultados. Há também a necessidade de averiguação se



esse percentual de liberação é condizente com os percentuais de liberação lenta para fertilizantes do mesmo tipo, ou seja, fertilizantes potássicos.

A norma de lixiviação empregada cita os mesmos procedimentos básicos tanto para a lixiviação em água quanto para a lixiviação em solo, porém, há uma grande diferença no que concerne ao procedimento de quantificação do nutriente liberado. No teste de lixiviação realizado em água deionizada, a quantificação do nutriente liberado é realizada diretamente no extrato aquoso resultante do contato com o fertilizante já, para o teste realizado em solo, esse acompanhamento é realizado diretamente no sólido resultante do contato com o fertilizante. Há nesse último caso a necessidade de submeter as amostras a um procedimento de decomposição ácida, uma vez que, a maioria das técnicas analíticas de quantificação não possuem acessórios que permitam a introdução direta de amostras sólidas. Além disso, apesar de o analito ser o mesmo (K), será necessário o emprego de uma técnica de quantificação distinta, uma vez que, não é recomendado a introdução de amostras de caráter ácido em um equipamento de Cromatografia Iônica. Neste sentido, com o intuito de complemento/continuidade ao estudo apresentado, o teste de lixiviação da zeólita fertilizante encapsulada com o biopolímero quitosana será aplicado em solo padrão.

#### 4 | CONCLUSÕES

O teste de lixiviação empregado com a finalidade de simular a liberação do nutriente K, demonstrou um bom desempenho para a compósito desenvolvido neste estudo, ou seja, uma zeólita fertilizante encapsulada com o biopolímero quitosana. No período investigado (14 dias) o compósito liberou 27% de K. A comparação com a zeólita fertilizante do mesmo tipo, porém sem encapsulamento (formato de pó), mostrou a liberação completa do nutriente já nas primeiras 24 h de teste. Esse mesmo comportamento de liberação rápida e foi observado para os três fertilizantes comerciais investigados. A liberação de K para esses materiais nas 24 h iniciais foi superior a 80%. Destaca-se que entres esses fertilizantes há um que, teoricamente, contém um triplo revestimento polimérico, sendo por tanto, incoerente com os dados de liberação obtidos. Os resultados obtidos para a zeólita fertilizante encapsulada com quitosana, sugerem uma liberação lenta do nutriente nas condições testadas. Porém, salienta-se a importância da realização de novos testes a fim de melhor avaliar os fatores que possam estar contribuindo para tais resultados e, também averiguar se esse percentual de liberação é condizente com os percentuais de liberação lenta para fertilizantes do mesmo tipo. Neste sentido, testes em solo também serão realizados para complementar o estudo e, dessa forma, obter dados de liberação frente a uma matriz real.

## AGRADECIMENTOS

S. F. Ferrarini e M. E. Hammerschmitt agradecem à Capes pelas bolsas de pós-doutorado e mestrado, respectivamente. C. F. Galli agradece à PUCRS pela bolsa de iniciação científica. M. Pires agradece ao CNPq pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa.

S. F. Ferrarini e M. E. Hammerschmitt agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelas bolsas de Pós-Doutorado e Mestrado, respectivamente. Beatriz Bonetti também agradece à CAPES – Código de Financiamento 001 pela bolsa de Doutorado concedida. C. F. Galli agradece à PUCRS pela bolsa de Iniciação Científica. M. Pires agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa.

## REFERÊNCIAS

1. INÁCIO, T. D. **Estudo sobre zeólitas 4A de liberação lenta de nutrientes**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais. PUCRS, 2016.
2. International Fertilizer Association – IFA. **World potash consumption**. Disponível em: <http://www.fertilizer.org/>. Acesso em 16//201.
3. NOKKOUL, R.; WICHITPARP, T. Effects of Zeolite on Seed Quality of Organic Upland Rice. **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**. United Kingdom, v. 8, n. 17,p. 1870-1874, nov. 2014.
4. LI, J.; ZHUANG, X.; FONT, O.; MORENO, N.; VALLEJO, V.R.; QUEROL, X.; TOBIAS, A. **Synthesis of Merlinoite from Chinese Coal Fly Ashes and Its Potential Utilization as Slow Release K-fertilizer**. Journal of Hazardous Materials. Netherlands, v.26, n.1, p. 242-265, jan. 2014.
5. LI, Z. **Use of surfactant-modified zeolite as fertilizer carriers to control nitrate release**. Microporous and Mesoporous Materials. Amsterdam,v.61, p. 181-188, jul. 2003.
6. PICKERING, H.W.; MENENZIES N.W.; HUNTER M.N. **Zeolite/rock phosphate - a novel slow release phosphorous fertilizer for potted plant production**. Scientia Horticulturae. Amsterdam, v. 94, p. 333-343, jun. 2002
7. DEL PINO, N. J.S.; PADRÓN, A. M. M.; GONZÁLEZ, M.; HERNANDEZ, J. G. **Phosphorus and potassium release from phillipsite-based slow-release fertilizers controlled Release**. Amsterdam, v.34, p. 25-29, apr.1995.
8. MACHADO, V.J; 2012. **Resposta da cultura do milho aos fertilizantes fosfatados e nitrogenados revestidos com polímeros**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

9. FIGUEIREDO, C. C.; BARBOSA, D. V.; OLIVEIRA, S. A.; FAGIOLI, M.; SATO, J. H. **Adubo fosfatado revestido com polímero e calagem na produção e parâmetros morfológicos de milho**. Revista Ciência Agronômica, v. 43, p. 446-452, 2012.
10. RYCHTER, P.; KOT, M.; BAJER, K.; ROGACZ, D.; SISKOVÁ, A.; KAPUSNIAK, J. **Utilization of starch films plasticized with urea as fertilizer for improvement of plant growth**. Carbohydrate Polymers, v.137, p. 127-138, 2016.
11. GALLI, C.F.; Ferrarini, S.F.; Pires, M.J.R.; Abruzzi, R.C.; Hammerschmitt, M.E.; Travi, M.L.; **Obtenção de zeólita fertilizante através de troca iônica com o uso de zeólita do tipo 4A sintetizadas a partir de cinza de carvão fóssil**. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 23., 2018, Foz do Iguaçu, Anais. Foz do Iguaçu: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2018, 126 p. Tema: Pesquisa, Desenvolvimento & Inovação na área de materiais. ISSN 1519-4787.
12. HAMMERSCHMITT, M. E. **Escalonamento da síntese de zeólitas a partir de resíduos de carvão e da produção de alumínio**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.
13. SANTOS, B.R; BACALHAU, F.B; PEREIRA, T. S; SOUZA, C.F; FAEZ, R. **Chitosan-Montmorillonite Microspheres: A Sustainable Fertilizer Delivery System**. Carbohydrate Polymers. Amsterdam, v. 127, p. 340-346, aug 2015.
14. GERMAN INSTITUTE FOR STANDARDISATION. DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG - DIN. EN 13266, **Determination of the release of the nutrients- Method for coated fertilizers**. German; DIN, 2002.
15. MINATO, E.A; CASSIM, B.M.A.R; BESEN, M.R; MAZZI, F.L; INOE, T.T; BATISTA, M.A. **Controlled-release nitrogen fertilizers: characterization, ammonia volatilization, and effects on second-season corn**. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 44:e0190108, 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 leito 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)