

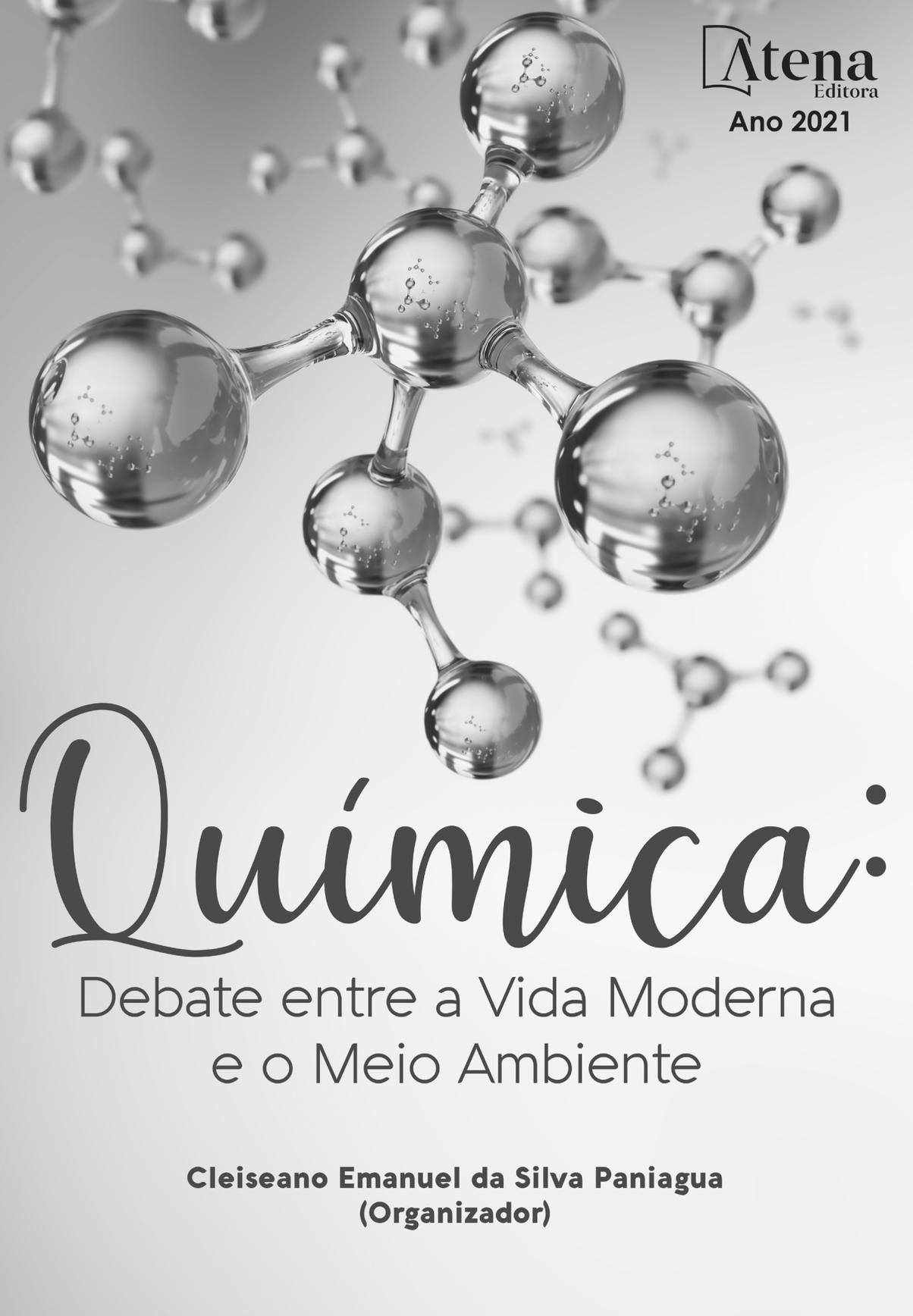


**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# Química:

Debate entre a Vida Moderna  
e o Meio Ambiente

**Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua**  
(Organizador)



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

# Química:

Debate entre a Vida Moderna  
e o Meio Ambiente

**Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua**  
(Organizador)

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 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-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

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  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Ivone Goulart Lopes – Instituto 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

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. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

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> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

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. 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. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
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  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. 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. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof<sup>ª</sup> 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. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
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  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Prof<sup>ª</sup> 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  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> 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

## Química: debate entre a vida moderna e o meio ambiente

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Kimberlly Elisandra Gonçalves Carneiro  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Q6 Química: debate entre a vida moderna e o meio ambiente /  
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. –  
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5706-978-3  
DOI 10.22533/at.ed.783211204

1. Química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva  
(Organizador). II. Título.

CDD 540

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

## APRESENTAÇÃO

O E-book: “Química: Discutindo a Vida Moderna e o Meio Ambiente” em seu volume I é composto por dezoito trabalhos científicos em forma de capítulos que buscam apresentar e promover a discussão em relação à busca por alternativas e soluções que visem ampliar o aproveitamento de matéria-prima de origem vegetal que são tratados como resíduos e até passivos ambientais. Neste sentido, a incorporação de materiais lignocelulósicos (rico em fibras, vitaminas e outros nutrientes) como matéria-prima na composição de outros alimentos vem sendo cada vez mais investigado e aplicado tanto na nutrição animal quanto na humana. Além disso, a biomassa vegetal vem sendo estudada para: (i) produção de materiais e utensílios com propriedades semelhantes às encontradas em matérias-primas virgens provenientes de fontes não renováveis e que causam grandes impactos ao ambiente tanto em sua extração quanto no descarte após sua utilização; (ii) produção de combustíveis oriundos de fontes renováveis e que causam menor impacto ao meio ambiente; (iii) materiais com alta capacidade de remoção de poluentes presentes em diferentes matrizes aquosas e com enorme potencial para serem utilizados tanto em substituição quanto na complementação de etapas convencionais de tratamento de água e esgoto.

Neste contexto a busca por novos materiais; tecnologias que proporcionam maior rapidez, menor consumo de reagentes, reaproveitamento de materiais, solventes menos tóxicos e produzidos a partir de fontes renováveis vêm ganhando cada vez mais espaço e se constituindo na chamada Química Verde.

No entanto, apesar de todos os esforços que vem sendo feitos nos diferentes setores da indústria, pesquisa e tecnologia na busca por processos ecologicamente mais corretos e sustentáveis, o estilo de vida da população fundamentado no consumo além da necessidade vem ocasionando inúmeros impactos ambientais tanto a biota aquática quanto aos diferentes ecossistemas do planeta Terra, tendo nos recursos hídricos o principal meio de propagação de substâncias provenientes de inúmeras fontes, em especial pelo sistema de saneamento básico e pela aplicação de pesticidas nas atividades agropecuárias.

Neste contexto, inúmeras técnicas de detecção e quantificação em escala traço (ng a  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) vem se destacando pela miniaturização ou capacidade de detectar e quantificar inúmeras classes de compostos (resíduos de fármacos, pesticidas, drogas ilícitas, hormônios, dentre outros) que se constituem em uma classe de substâncias na qual não se conhece os possíveis efeitos deletérios a médio e longo prazo para a saúde humana e do ambiente.

Com o intuito de colaborar tanto na divulgação quanto na disseminação de novos conhecimentos, a Atena Editora organiza e publica trabalhos de alta relevância, disponibilizando de forma gratuita em diferentes plataformas de busca e pesquisa.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **REAPROVEITAMENTO DAS CASCAS DE BANANA, LIMÃO E LARANJA NA PREPARAÇÃO DE PANQUECAS**

Flávia Morais da Silva  
Eliane de Fátima Souza  
Vitoria Marques Cesar Leite

**DOI 10.22533/at.ed.7832112041**

### **CAPÍTULO 2..... 7**

#### **DESENVOLVIMENTO DE BIOFILME A PARTIR DO BAGAÇO DA LARANJA**

Lucas Fernandes Domingues

**DOI 10.22533/at.ed.7832112042**

### **CAPÍTULO 3..... 16**

#### **ELABORAÇÃO DE UM IMPERMEABILIZANTE TÊXTIL À BASE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) COM PROPRIEDADES ANTIMICROBIANAS PROVENIENTES DO ÓLEO DA *MORINGA OLEIFERA***

Livia Mazuche Freire e Silva  
Marcela Andrade Chagas  
Maria Gabrielli Maciel Gonçalves  
Mariana Ramos de Moraes  
Ana Paula Ruas de Souza  
Isabel Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.7832112044**

### **CAPÍTULO 4..... 29**

#### **PRODUÇÃO DE CARVÃO ATIVADO DE CASCA DE LARANJA ATIVADO COM CLORETO DE CÁLCIO E SUA APLICAÇÃO EM TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM NITRATO**

Lucas Fernandes Domingues  
Greice Queli Nardes Cruz  
Idel Perpetua Castro  
Isadora Aparecida Archioli  
Lorena Cristina Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.7832112045**

### **CAPÍTULO 5..... 37**

#### **QUALIDADE DO AR: MARCADORES DE PAPEL DE BIBLIOTECA**

Thairine Lima dos Santos  
Celeste Yara dos Santos Siqueira

**DOI 10.22533/at.ed.7832112046**

### **CAPÍTULO 6..... 47**

#### **RESTRAINTS ANALYSIS FOR THE RENEWABLE ENERGY EXPANSION IN BRAZIL SENSITIVE BIOMES FROM THE IRP PERSPECTIVE**

Ivo Leandro Dorileo

Leonardo G. de Vasconcelos

Mauro Donizeti Berni

**DOI 10.22533/at.ed.7832112047**

**CAPÍTULO 7.....65**

**REAPROVEITAMENTO SUSTENTÁVEL DO POLIESTIRENO**

Miriam Lucia Chiquetto Machado

Lucas Barreto Santos

Nilson Casimiro Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.7832112048**

**CAPÍTULO 8.....77**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE ADEQUAÇÃO DA SÍNTESE DO CICLOEXENO AO CONTEXTO DA QUÍMICA VERDE**

Gabriely Golombieski

Marilei Casturina Mendes Sandri

Cássia Gonçalves Magalhães

**DOI 10.22533/at.ed.7832112049**

**CAPÍTULO 9.....85**

**PRESENÇA DE PESTICIDAS EM ALIMENTOS DE ORIGEM VEGETAL NO BRASIL: O “VENENO” LEGALIZADO E INGERIDO DE FORMA HOMEOPÁTICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

**DOI 10.22533/at.ed.78321120410**

**CAPÍTULO 10.....98**

**PRESENÇA DE COCAÍNA/CRACK, HORMÔNIOS E MICROPLÁSTICOS EM DIFERENTES MATRIZES AQUÁTICAS NO BRASIL E TOXICOLOGIA AOS ORGANISMOS EXPOSTOS**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

**DOI 10.22533/at.ed.78321120411**

**CAPÍTULO 11..... 110**

**CAFEÍNA, UM MARCADOR ANTROPOGÊNICO DE POLUIÇÃO AMBIENTAL – REVISÃO**

Ismael Laurindo Costa Junior

Christiane Schineider Machado

Adelmo Lowe Plestch

Yohandra Reyes Torres

**DOI 10.22533/at.ed.78321120412**

**CAPÍTULO 12..... 132**

**IDENTIFICAÇÃO DO COMPOSTO TRICLOSAN EM AMOSTRAS DE ÁGUA SUPERFICIAL POR MEIO DE ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO MOLECULAR**

Gabrielle Delfrate

Renato Itamar Duarte Fonseca

Elizabeth Weinhardt de Oliveira Scheffer

**DOI 10.22533/at.ed.78321120413**

**CAPÍTULO 13..... 138**

**APLICAÇÃO DE MICROCRISTAIS DE  $\beta$ -(Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>) NA DESCOLORAÇÃO DOS CORANTES ORGÂNICOS AZUL DE METILENO E RODAMINA B**

Francisco Henrique Pereira Lopes  
Luis Fernando Guimarães Noletto  
Vitória Eduardo Mendes Vieira  
Amanda Carolina Soares Jucá  
Keyla Raquel Batista da Silva Costa  
Marta Silva de Oliveira  
Priscila Brandão de Sousa  
Yáscara Lopes de Oliveira  
Gustavo Oliveira de Meira Gusmão

**DOI 10.22533/at.ed.78321120414**

**CAPÍTULO 14..... 153**

**MÉTODOS ANALÍTICOS APLICADOS A POLUENTES EM ÁGUAS NATURAIS**

Marciano Fabiano de Almeida  
Ewerton Ferreira Cruz

**DOI 10.22533/at.ed.78321120415**

**CAPÍTULO 15..... 167**

**ELECTROANALYTICAL DETECTION OF Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> AND Zn<sup>2+</sup> BY BORON DOPED DIAMOND ELECTRODE IN AMAZON BASIN**

Neila de Almeida Braga  
Lidiane Martins Moura Ferreira  
Maurício Ribeiro Baldan  
Neidenêi Gomes Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.78321120416**

**CAPÍTULO 16..... 181**

**A STATISTICAL MULTIVARIATE APPROACH TO EVALUATE FLUORINE CONTENT IN BRAZILIAN TOOTHPASTES**

Viviane Maria Schneider  
Bryan Brummelhaus de Menezes  
Lucas Mironuk Frescura  
Sérgio Alexandre Gehrke  
Marcelo Barcellos da Rosa

**DOI 10.22533/at.ed.78321120417**

**CAPÍTULO 17..... 196**

**TÉCNICA DE FOTOCATÁLISE COMO FORMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES: UM ESTUDO**

Jéssica Torres dos Santos  
Jéssica da Rocha Alencar Bezerra de Holanda  
Julia Kaiane Prates da Silva  
Louise Hoss  
Guilherme Pereira Schoeler

Luiza Beatriz Gamboa Araújo Morselli  
Josiane Pinheiro Farias  
Vitória Sousa Ferreira  
Maurizio Silveira Quadro  
Robson Andreazza  
Cicero Coelho de Escobar

**DOI 10.22533/at.ed.78321120418**

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>203</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>204</b>

# CAPÍTULO 13

## APLICAÇÃO DE MICROCRISTAIS DE $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) NA DESCOLORAÇÃO DOS CORANTES ORGÂNICOS AZUL DE METILENO E RODAMINA B

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 13/01/2021

**Yáscara Lopes de Oliveira**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina – Piauí

<http://lattes.cnpq.br/2680373714161096>

**Francisco Henrique Pereira Lopes**

Universidade Estadual do Piauí  
Teresina – Piauí

<http://lattes.cnpq.br/5348235843440580>

<https://orcid.org/0000-0002-4377-5311>

**Gustavo Oliveira de Meira Gusmão**

Universidade Estadual do Piauí  
Teresina – Piauí

<http://lattes.cnpq.br/3323784600707192>

**Luis Fernando Guimarães Noletto**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina – Piauí

<http://lattes.cnpq.br/0270256521695721>

**Vitória Eduardo Mendes Vieira**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina – Piauí

<http://lattes.cnpq.br/8135130294732675>

**Amanda Carolina Soares Jucá**

Universidade Estadual do Piauí  
Teresina – Piauí

<http://lattes.cnpq.br/7192615906274265>

**Keyla Raquel Batista da Silva Costa**

Universidade Federal do Piauí

<http://lattes.cnpq.br/4431601733224110>

**Marta Silva de Oliveira**

Universidade Estadual do Piauí  
Teresina – Piauí

<http://lattes.cnpq.br/3620702840768506>

**Priscila Brandão de Sousa**

Universidade Federal do Piauí  
Teresina – Piauí

<http://lattes.cnpq.br/8721781190600660>

**RESUMO:** É cada vez mais frequente, a busca por processos e materiais químicos que possam ser usados para o tratamento de efluentes industriais. As indústrias têxteis estão inseridas entre os setores industriais que mais poluem, pois empregam em grande escala corantes orgânicos sintéticos para tingir tecidos e couros. Dentre os corantes mais utilizados destacam-se a Rodamina B (RB) e o Azul de Metileno (AM). Na tentativa de atenuar os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto desses contaminantes, vem sendo empregado os Processos Oxidativos Avançados (POA's), dando destaque a fotocatalise heterogênea com o uso de catalisadores a base de óxidos metálicos. Dentre esses óxidos metálicos, o Molibdato de prata ( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) tem despertado interesse, devido sua atividade fotocatalítica, aplicações em cintiladores e fotoluminescente, em lasers, fibras ópticas. Neste capítulo de livro, é relatado, a síntese pelo método sonoquímico de microcristais de  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ), sua caracterização pela técnica de difração de raios-X (DRX), refinamento estrutural pelo método de Rietveld e espectroscopia ultravioleta-visível (UV-Vis)

à temperatura ambiente, também se investigou as propriedades fotocatalíticas desses microcristais na decoloração das soluções aquosas dos corantes orgânicos RB e AM, em um sistema fotocatalítico com quatro lâmpadas de UV ( $\lambda_{\text{max}} = 254 \text{ nm}$ ). Vale ressaltar que, os testes fotocatalíticos foram realizados com e sem a presença do sequestrante p-benzoquinona (p-BQ), para ambos as soluções dos corantes. Os padrões de DRX e o refinamento Rietveld indicam que todos os microcristais de  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) apresentam estrutura cúbica do tipo espinélio. Os espectros de UV-Vis evidenciaram que o valor de energia de banda proibida foi de 3,26eV. Por fim, demonstrou-se que a atividade fotocatalítica dos microcristais podem ser aumentadas com a utilização do sequestrante p-BQ, 91,6% para a solução do corante AM e 82,3% para solução de corante RB, em um tempo de exposição 160 min a luz de UV-Vis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Molibdato de prata,  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ), Fotocatálise, Sequestrante, p-Benzoquinona.

## APPLICATION OF $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MOO}_4$ ) MICROCRYSTALS IN THE DECOLORATION OF ORGANIC DYES BLUE METHYLENE AND RHODAMINE B

**ABSTRACT:** It is more and more frequent, a search for processes and chemical materials that can be used for the treatment of industrial effluents. The textile industries are among the industrial sectors that pollute the most, as they use synthetic dyes on a large scale for their fabrics and fabrics. Between the most used dyes stand out Rhodamine B (RhB) and Methylene Blue (MB). In an attempt to mitigate the environmental impacts caused by the incorrect disposal of these contaminants, Advanced Oxidative Processes (POA's) have been recorded, emphasizing heterogeneous photocatalysis with the use of catalysts based on metal oxides. Among these metal oxides, Silver molybdate ( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) has aroused interest, due to its photocatalytic activity, applications in scintillators and photoluminescent, in lasers, optical fibers. In this book chapter, it is reported the synthesis by the microcrystals sonochemical method  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ), its characterization by the X-ray diffraction technique (XRD), structural refinement by the Rietveld method and ultraviolet-visible spectroscopy (UV-vis) at room temperature, also investigated the photocatalytic properties of these microcrystals in the degradation of the aqueous solutions of organic dyes RhB and MB, in a photocatalytic system with four UV lamps ( $\lambda_{\text{max}} = 254 \text{ nm}$ ). Worth evident that photocatalytic tests were carried out with and without the presence of the p-Benzoquinone (p-BQ) scavenger, for both dye solutions. The XRD patterns and the Rietveld refinement indicate that all microcrystals  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) have the spinel-like cubic structure. The UV-vis spectra show that the prohibited band energy value was 3.26 eV. Finally, it was demonstrated that the photocatalytic activity of the microcrystals can be increased with the use of the p-BQ scavenger, 91.6% for the MB dye solution and 82.3% for the RhB dye solution, in a 160 min exposure time to UV-Vis light.

**KEYWORDS:** Silver molybdate,  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ), Photocatalysis, Scavenger, p-Benzoquinone.

## 1 | INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o elevado crescimento populacional e o aumento da atividade industrial no Brasil têm gerado muitos problemas ambientais, segundo a Normativa Brasileira - NBR 9800/1987, grande parte dos efluentes líquidos, os quais são despejados em corpos hídricos, são provenientes de estabelecimentos industriais e a maioria desses

efluentes não são tratados devidamente antes do descarte. Dentre os setores industriais que mais poluem, destacam-se as indústrias têxteis, que empregam em grande escala corantes orgânicos sintéticos para tingir tecidos e couros. Além de serem utilizados nesse tipo de setor industrial, os corantes orgânicos também são encontrados em indústrias farmacêuticas, alimentícias e na produção de tintas de impressoras (LOMAX e LEARNER, 2006; MUTHU, 2017; LELLIS et al., 2019).

A Rodamina B (RB), por exemplo, é um corante catiônico de coloração rosa muito empregado em tais setores industriais, este pigmento pertence à classe dos Xantenos, apresentando um anel tricíclico substituído com um átomo de oxigênio em ponte. Além disso, a RB é altamente solúvel em água e frequentemente usados no tingimento de papéis e algodão, como biomarcador e rastreamento de água (FRY, ATWOOD e DUNBAR, 2010; OLIVEIRA, 2012). Outro corante usualmente empregado é o Azul de Metileno (AM), também utilizado em indústrias têxteis, pertence à classe dos Quinonimina, subgrupo Tiazina. consiste em um corante catiônico, com carga positiva descentralizada e existe na forma de monômero em soluções aquosas de concentração  $1 \times 10^{-5}$  mol.L<sup>-1</sup>, no qual o espectro de absorção visível apresenta uma banda em 664 nm (ALMEIDA, 2015 e KRAY, 2016).

A consequência extensiva do uso de corantes nas indústrias se dá quando esses efluentes são descartados de forma irregular, podendo atingir rios e estações de água, comprometendo assim o abastecimento da população e o sistema aquático como um todo, além da poluição visual. Ademais, as bactérias que ajudam a degradar os corantes, por sua vez, produzem substâncias com potencial carcinogênico, ameaçando a água e o solo das produções agrícolas (SOUSA, 2016 e CERVANTES et al., 2009).

Diante disso, nos últimos anos, foram desenvolvidos inúmeros processos que podem ser usados afim de remediarem os impactos ambientais gerados pelo descarte desses efluentes líquidos, entre eles pode-se destacar: os processos biológicos (aeróbio, anaeróbio, enzimático, entre outros), processos físicos (decantação, filtração, adsorção) e processos químicos (incineração, eletroquímico e processos oxidativos avançados) (SENA, 2016).

Os processos oxidativos avançados (POA's) tem ganhado grande destaque no tratamento desse tipo de resíduos, uma vez que os mesmos, permitem o tratamento dos efluentes líquidos baseando-se na geração de radicais livres de hidroxila (OH<sup>\*</sup>) como oxidantes, capazes de reagir com quase todas as classes de compostos orgânicos. Os POA's são divididos em classes de processos tais como: fotocatalise, fotólise, processos fenton e foto fenton, que tem como objetivo a descontaminação por meio da mineralização de poluentes às substâncias inertes tais como: compostos inorgânicos, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O (AQUINO, 2016; KUMAR, 2018 e MARTÍNEZ-LÓPEZ, 2019).

A degradação fotocatalítica de corantes orgânicos por meio dos POA's, em particular, tem sido bastante relatada (KHATAEE, 2015 e COSTA, 2020), devido à grande necessidade de remoção desses tipos de efluentes industriais, a fim de resolver ou minimizar os impactos

ambientais. Dessa forma, vem sendo desenvolvido ao longo dos anos materiais cerâmicos que apresentam boa atividade fotocatalítica em conjunto com o aprimoramento dos POA's para o tratamento de águas residuais (ZANG *et al*, 2014).

De acordo com a literatura, tem se aplicados novos métodos para melhoramento dos processos fotocatalíticos, podendo citar o uso de sequestrante como: os álcoois alifáticos (ROH), bicarbonato que são utilizados como sequestrantes de radical hidroxila, EDTA como sequestrante de vacância, azida de sódio ( $\text{NaN}_3$ ) o p-benzoquinona (p-BQ) e tiron (1,2-dihidroxibenzeno 3,5-dissulfonato de sódio) muito reativo com  $\text{O}_2$ , por esse motivo esses são empregados como sequestrantes de oxigênio, que estão vacância (buraco) que se forma durante a degradação fotocatalítica, com isso há um aumento na formação de radical hidroxila e do potencial catalítico de um material (ALAM, 2003; CHEN, 2006 e RAO, 2009)

Em relação aos óxidos metálicos utilizados na aplicação fotocatalítica, os molibdatos vem se mostrando materiais promissores, além de possuírem outras várias aplicações, tais como: cintiladores, fotoluminescentes, lasers e fibras ópticas (RANGEL. *et al*. 2012 e SILVA, 2017).

O Molibdato de prata ( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ), em particular, apresenta dois tipos de estrutura eletrônica, dependendo das condições de pressão que cristal é submetido. A temperatura ambiente, o  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  exibe uma estrutura cúbica do tipo espinélio relacionada a fase beta ( $\beta$ ), que é mais estável na natureza sobre condições ambientes. Entretanto, quando submetida a altas pressões hidrostáticas, estes cristais apresentam estrutura tetragonal associada a fase alfa ( $\alpha$ ) que é metaestável (FERREIRA, 2018 e NG, 2015)

Portanto, neste capítulo de livro, foi sintetizado microcristais de  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) pelo método sonoquímico e realizado a investigação das suas propriedades fotocatalíticas na degradação dos corantes têxteis RB e AM sob irradiação de luz visível (Vis) e ultravioleta (UV) e avaliado também a influência do uso do sequestrante p-Benzoquinona na fotocatalise desses corantes.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Reagentes

Todos os reagentes empregados nesse trabalho possuem elevado grau de pureza, são eles: Molibdato de sódio dihidratado ( $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ /pureza 99,5%), Nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ /pureza 99,99%), p-Benzoquinona ( $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2$ /pureza 98%), corante Rodamina B ( $\text{C}_{28}\text{H}_{31}\text{ClN}_2\text{O}_3$ /pureza 95%), corante Azul de metileno ( $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S}$ /pureza 95%) e água deionizada.

### 2.2 Síntese dos microcristais $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ )

Os microcristais de Molibdato de Prata ( $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ )) foram obtidos pelo método

sonoquímico, empregando um aparelho ultrassônico (modelo Branson CPX-1800 com frequência de 42 kHz). Para isso, utilizou-se uma quantidade de  $2 \times 10^{-3}$  mol dos sais  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{AgNO}_3$ , bem como, 200 mL de água deionizada (como solvente), tal rota de síntese é proposta por Cunha et. al (2015), mostrada na Fig. 1.

Por meio dessa rota de síntese é possível obter microcristais de  $\beta\text{-(Ag}_2\text{MoO}_4)$  com uma morfologia mais definida, visto que, o método possibilita um maior controle do tamanho dos cristais, bem como de suas formas.

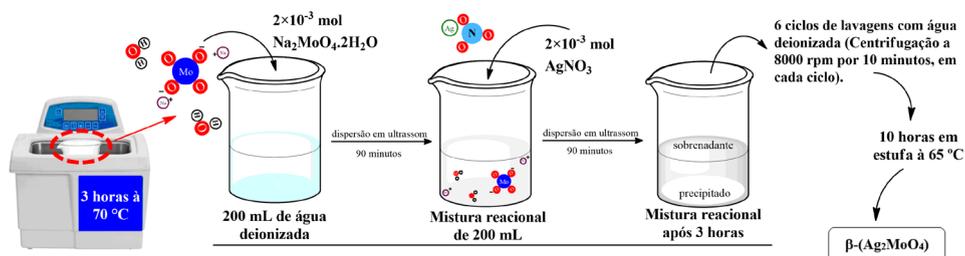


Figura 1: Esquema representativo da rota de síntese dos microcristais de  $\beta\text{-(Ag}_2\text{MoO}_4)$ .

Fonte: Autoria própria, 2021.

### 2.3 Caracterização dos microcristais $\beta\text{-(Ag}_2\text{MoO}_4)$

Os padrões de Difração de Raios-X (DRX) foram obtidos usando um difratômetro (XRD 6000, Shimadzu, Japão) com uma fonte de radiação  $\text{Cu-K}\alpha$  ( $\lambda = 0,15406$  nm), um filtro de níquel e aplicando uma tensão e corrente de aceleração de 40 kV e 30 mA. Os ângulos de difração de Bragg ( $2\theta$ ) foram obtidos nas faixas de  $10\text{--}110^\circ$  em passos de  $0,02^\circ$ . A análise estrutural e microestrutural dos dados de DRX foram obtidas pela rotina de refinamento Rietveld utilizando o software *Toolbar FullProf Suite Program*© versão (3.00).

Os espectros de Ultravioleta-visível com reflectância difusa das amostras em fase sólida foram obtidos com o equipamento Shimadzu, modelo UV-2600 com esfera integrada na faixa de comprimento de onda de 200-800 nm. Em seguida os espectros foram modelados pelas equações matemáticas de Kubelka-Munk para se obter os valores de energia de *band gap* das transições indiretas.

### 2.4 Ensaios fotocatalíticos

As propriedades fotocatalíticas dos microcristais de  $\beta\text{-(Ag}_2\text{MoO}_4)$  foram avaliadas na descoloração de soluções aquosas dos corantes RB e AM, ambos com concentração inicial de  $1 \times 10^{-5}$  mol.L<sup>-1</sup>, em um reator fotocatalítico composto por quatro lâmpadas de luz UV-vis, acoplada ao banho ultratermostático e um exaustor, como mostrado na Fig. 2. Além disso, foram realizados os testes fotocatalíticos empregando um agente sequestrante de radicais

e íons superóxidos ( $O_2^{\cdot-}$ ), nesse caso, a p-BQ.

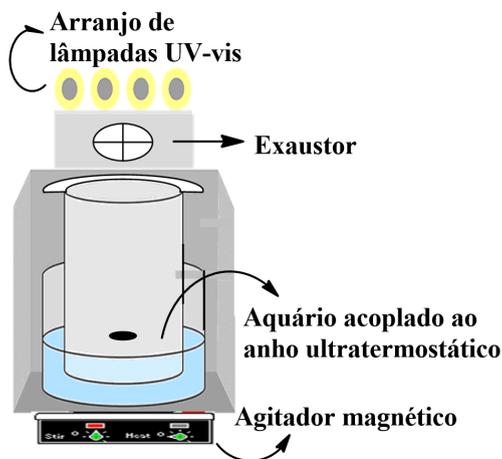


Figura 2: Reator fotocatalítico acoplada ao banho ultratermostático.

Fonte: Autoria própria, 2021.

Em cada ensaio fotocatalítico, 50 mg do catalisador foi disperso por ultrassom em 50 mL da solução dos corantes. No caso do teste com o agente sequestrante, a p-BQ foi adicionada juntamente com o catalisador.

Em seguida, todas as soluções foram mantidas sob agitação magnética e temperatura controlada, durante 30 minutos no escuro para avaliar o equilíbrio de adsorção/dessorção. Após esse tempo, as soluções foram irradiadas pelo arranjo de lâmpadas UV-vis e permaneceram sob as mesmas condições de agitação e temperatura por mais 160 minutos.

Além disso, testes sem o uso do catalisador também foram realizados para avaliar a resistência dos corantes frente a irradiação, eles seguiram os mesmos passos dos testes anteriores. Por fim, foram coletadas alíquotas de 3 mL em tempos periódicos, estas foram centrifugadas à 8000 RPM e analisadas em espectrofotômetro de UV-Vis.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise de padrões de DRX

As análises de DRX foram realizadas com objetivo de verificar o grau de ordem e desordem ao longo alcance, bem como a periodicidade da rede cristalina para os cristais  $\beta-(Ag_2MoO_4)$  sintetizados pelo método sonoquímico (SQ) a 70 °C por 3 horas com 200 mL de  $H_2O$ , visto na Fig. 3.

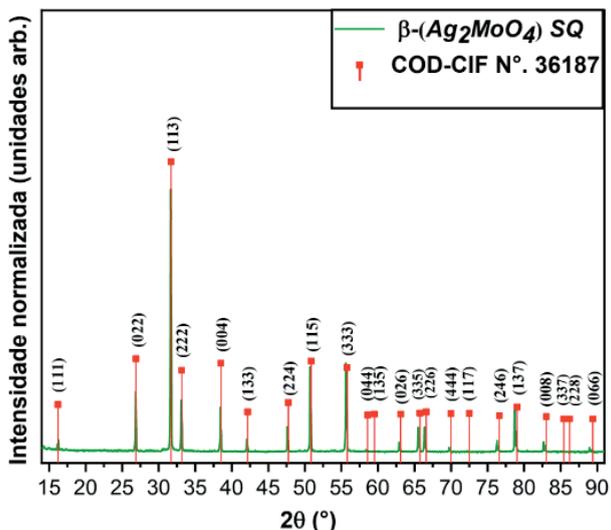


Figura 3: Padrões de DRX normalizados para os cristais puros de  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) sintetizados pelo método sonoquímico (SQ) a 70 °C por 3 horas com 200 mL de  $\text{H}_2\text{O}$ . As linhas verticais (I) indicam as respectivas posições e intensidades encontradas na placa COD-CIF n° 36187 correspondente à fase beta ( $\beta$ ) do  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  e estrutura cúbica.

Segundo os padrões de DRX, mostrados na Fig. 3, os cristais de  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) exibem picos de difração nítidos e bem definidos, desta forma, pode -se atribuir a um bom grau de ordem estrutural a longo alcance para este microcristais. É possível ainda aferir que todos os padrões de DRX podem ser indexados a uma estrutura cúbica do tipo espinélio com grupo espacial ( $\text{Fd}\bar{3}\text{m}$ ) e com grupo de pontos de simetria ( $O_h^7$ ).

Tais resultados estão de acordo com que a literatura reporta para microcristais de  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) (GOVEIA, et. al., 2014; FOGGI, et. al., 2020). Não foram detectados, quaisquer picos de difração relacionados ao óxido de prata ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ) ou nanopartículas de prata reduzida ( $\text{Ag}^0$ ). Pode-se observar que todos os picos de DRX estão bem indexados aos resultados contidos no banco de dados Crystallography Open Database (COD) a ficha cristalográfica (CIF) com base n° 36187 e artigos recentes relatados na literatura (FERREIRA, et. al, 2019; WARMUTH, et. al., 2020).

### 3.2 Rietveld refinement analyses

Com objetivo de confirmar os dados qualitativos observados através da análise de DRX foram realizados o refinamento estrutural pelo método de Rietveld, conforme ilustrado nas Fig. 4. Além disso, obteve-se ainda os parâmetros de rede e posições atômicas dos microcristais  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ), apresentados na Tab. 1.

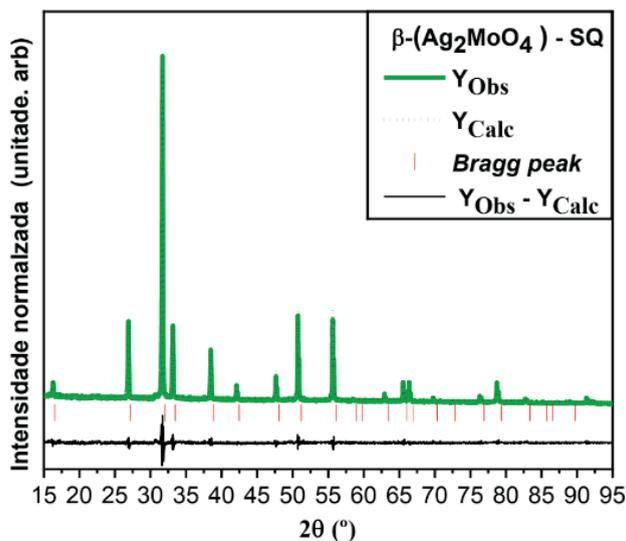


Figura 4: Gráfico de refinamento de Rietveld dos cristais de  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) sintetizado pelo método sonoquímico (SQ) a 70 °C por 3 horas com 200 mL de  $\text{H}_2\text{O}$ . As linhas verticais (|) indicam as respectivas posições e intensidades encontradas na placa COD-CIF nº 36187 correspondente à fase beta ( $\beta$ ) do  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  e estrutura cúbica.

O método de Rietveld é baseado na construção de padrões de difração calculados de acordo com o modelo estrutural. Os padrões experimentais ( $Y_{\text{Obs}}$ ) são ajustados para se adequar aos padrões calculados ( $Y_{\text{Calc}}$ ), para assim, fornecer os parâmetros estruturais do material e o perfil de difração (RIETVELD, H.M., 1967; FINGER, LW; COX, DE; JEPHCOAT, AP, 1994).

Os dados dispostos na Tab. 1, isto é, os parâmetros ajustados e calculados, indicam que o refinamento estrutural obtido é condizente para a estrutura cúbica, no qual,  $a = b = c$  (14.817424 Å).

Átomos	x	y	z	U
Ag	0.625	0.625	0.625	0.2776
Mo	0.0	0.0	0.0	0.243345
O	0.357968	0.357968	0.357968	0.400052

$a = 14.817424$  Å;  $b = 14.817424$  Å;  $c = 14.817424$  Å;  $\alpha = 90^\circ$ ;  $\beta = 90^\circ$ ;  $\gamma = 90^\circ$ ; Volume: 325,255 Å<sup>3</sup>;  $\rho = 1,53$  g/cm<sup>3</sup> and  $\mu = 558,53$  cm<sup>2</sup>/g;  $R_p = 10,1015\%$ ;  $R_{wp} = 13,6236$   $R_{exp} = 10,8119$  GoF = 1,260052

Tabela 1: Dados obtidos a partir do refinamento de Rietveld para os cristais  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) sintetizado pelo método sonoquímico (SQ) a 70 °C por 3 horas com 200 mL de  $\text{H}_2\text{O}$

Com base nos dados mostrados na Tab. 1, pode-se observar ainda, que não há variação nas posições atômicas relacionadas com os átomos de oxigênio (O), átomos de

prata (Ag) e molibdênio (Mo), pois estes permanecem fixos nas suas posições estruturais, o que indica que não há a existência de distorções na estrutura dos grupos octaédricos  $[AgO_6]$  e nos grupos tetraédricos  $[MoO_4]$ . Na Tab. 1, os parâmetros de ajuste ( $R_p$ ,  $R_{exp}$ ,  $R_{wp}$  e  $GoF$ ) indicam que os resultados de refinamento são confiáveis e consistentes com uma estrutura cúbica do tipo espinélio sem nenhuma fase secundária ou deletéria. Portanto, os dados de refinamento Rietveld confirmaram os dados obtidos na análise de DRX.

### 3.3 Análise de ultravioleta-visível

As medidas de Ultravioleta-visível foram realizadas para se obter o valor da “band gap” óptico, ilustrada na Fig. 5. O valor de gap óptico de energia ( $E_{gap}$ ) foi calculado por meio da equação proposta por Kubelka e Munk (KUBELKA, P.; MUNK-AUSSI, 1931), está basear-se na transformação de reflectância difusa para avaliar os valores de ( $E_{gap}$ ) com boa precisão.

A extrapolação da reta de ajuste linear dos espectros da Fig. 5, nos permitiu obter o valor de “band gap” do material estudado. Para os microcristais de  $\beta$ -( $Ag_2MoO_4$ ) o valor do “gap” foi de 3,26 eV. Tal valor obtido está de acordo com aqueles encontrados na literatura para o  $Ag_2MoO_4$ , que variam de 3,2 a 3,36 eV (FOGGI, et. al., 2020). De acordo, com os cálculos teóricos, os microcristais apresentam um espectro de absorção óptica governada por transições eletrônicas do tipo indiretas, esse fato está associado ao processo de absorção eletrônica, no qual os elétrons localizados nos estados mínimos de energia na banda de condução (BC) são capazes de retornarem para estados de energia máxima na banda de valência (BV) em pontos distintos nas zonas de Brillouin (GOVEIA, et. al., 2014).

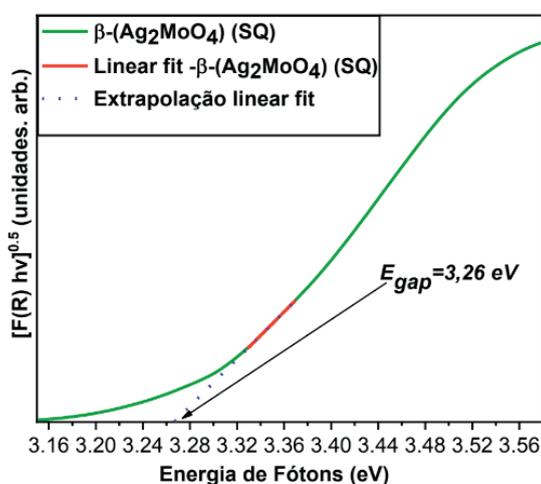


Figura 5: Espectro de UV-Vis por Reflectância difusa para a amostra dos microcristais  $\beta$ -( $Ag_2MoO_4$ ) sintetizados pelo método sonoquímico (SQ) a 70 °C por 3 horas com 200 mL de  $H_2O$ .

Esta variação para os valores de “band gap” para esse material pode estar relacionada com a emprego de vários métodos de síntese diferentes na obtenção de microcristais  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) de, ocasionando dessa forma a formação de materiais com modificação em suas texturas, propriedades e morfologias (CUNHA, et. al., 2015).

### 3.4 Testes fotocatalíticos

A Fig. 6(a-b) mostram o processo de fotólise das soluções aquosas dos corantes Azul de Metileno (AM) (JÚNIOR et al., 2019) e Rodamina B (RB) (PAULINO et al., 2015), enquanto a Fig. 6(c-d) mostram as atividades fotocatalíticas dos microcristais de  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) sintetizados pelo método SQ para as soluções dos corantes, avaliadas pelas mudanças temporais nos espectros de absorção de UV-Vis dos corantes sob irradiação Visível e UV-C.

O corante RB apresentou banda máxima de absorção de 553 nm, enquanto o AM em 664 nm, corroborando com a literatura (KHATRI e RANA, 2020; BHAT, 2020). No processo de fotólise Fig. 6(a-b), foi possível observar uma pequena redução das bandas de absorção de ambos corantes, indicando uma baixa eficiência de descoloração nas soluções desses corantes, demonstrando assim a alta resistência das soluções quando expostas somente à irradiação de luz Visível e UV-C durante o período de 160min de exposição.

Durante o processo de fotodegradação, Fig. 6(c-d) foi possível notar uma redução da absorção máxima das soluções dos corantes quando utilizado os microcristais de  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) como catalisadores. Este fenômeno pode estar associado a formação de agentes oxidantes ( $\text{OH}^\bullet$ ,  $\text{O}'_2$  e  $\text{HO}^\bullet_2$ ) responsáveis pela mineralização e ou descoloração de poluentes no processo fotocatalítico (PAULINO et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2017; JÚNIOR et al., 2019). Na análise da Fig. 6 (e-f) observa-se que depois de 160 minutos de exposição a luz, a solução dos corantes na presença do catalisador  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) de p-BQ a variação na intensidade dos picos de absorção da solução dos corantes foi maior.

Na Fig. 6(g) é possível observar a eficiência da fotodegradação dos corantes em função do tempo de exposição a luz, que foi estimada analisando a variação da intensidade dos picos de absorbância no comprimento específico de cada corante. Fica evidente na Fig. 6(g), que os picos de absorbância para os corantes decaem de maneira drástica a partir de 0 minutos, quando se liga as lâmpadas e dá início a fotocatalise.

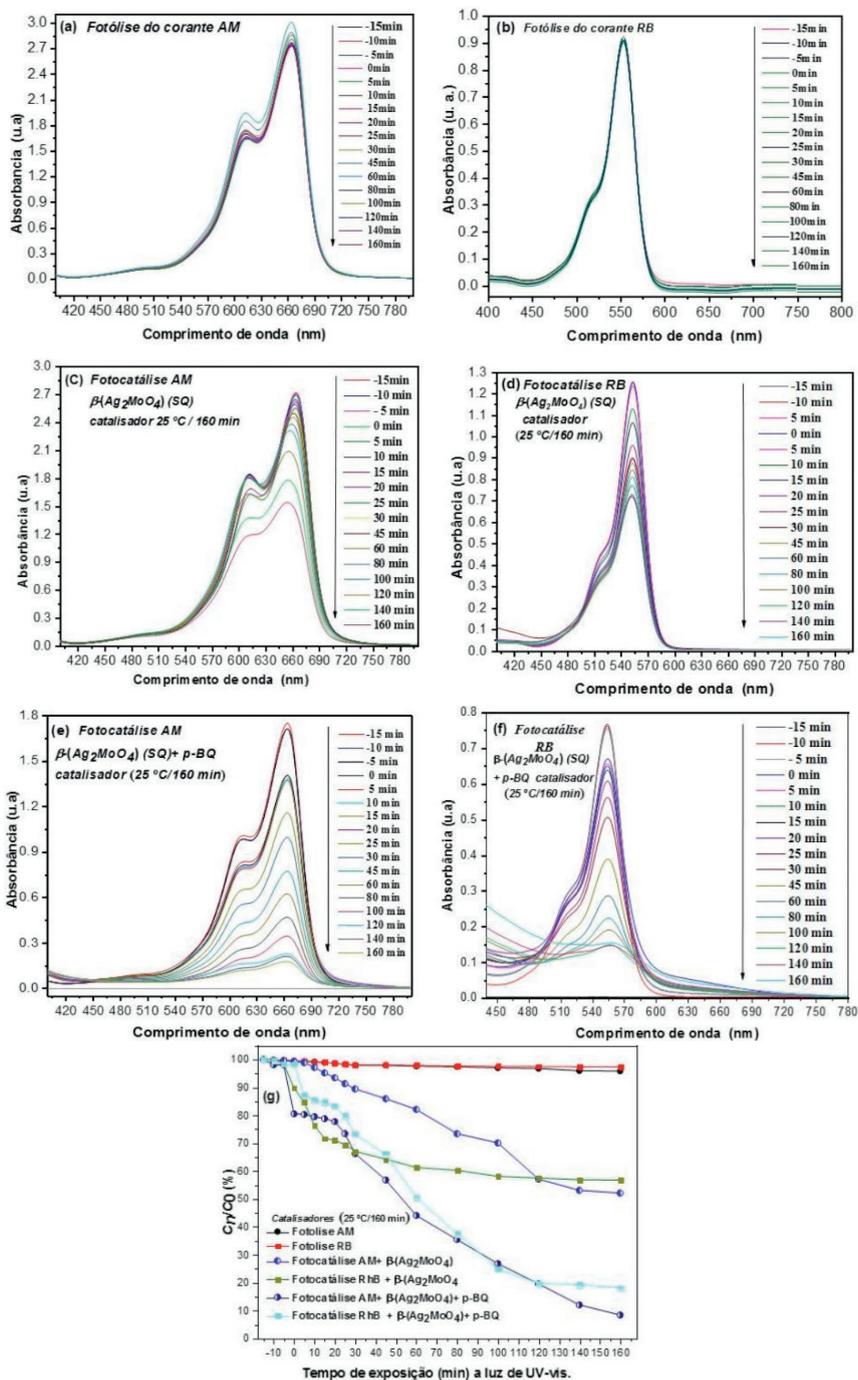


Figura 6(a-g): Resultados dos testes fotocatalíticos das soluções aquosas dos corantes AM e RB, sob exposição de 160 minutos a luz UV-visível. Fotólise do AM (a), fotólise do RB (b), fotocatalise do AM (c), fotocatalise do RB (d), fotocatalise do AM + p-BQ (e), Fotocatálise do RB + p-BQ (e) e decaimentos dos picos de absorção das soluções dos corantes AM e RB (g).

Na Tab. 2 estão reunidos, para efeito de comparação, os percentuais de taxa de fotodegradação das soluções aquosas dos corantes AM e RB após exposição à lâmpada UV-Vis por 160 minutos na presença ou não de p-BQ empregando os microcristais de  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) como catalisador heterogêneo.

Corante	% de degradação	
	Sem p-BQ	Com p-BQ
Azul de Metileno	46,9	91,6
Rodamina B	43,3	82

Tabela 2: Porcentagem de fotodegradação dos corantes AM e RB após decorrido 160 min de exposição à lâmpada UV-Vis na presença do catalisador  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) com e sem adição de p-BQ.

Os sequestrantes são comumente utilizados durante os processos fotocatalíticos a fim de avaliar a presença e relevância de espécies oxidantes no meio reacional e então compreender os possíveis mecanismos envolvidos na reação de degradação. No caso específico da p-BQ, esta é geralmente utilizada como sequestrante de radicais íons superóxidos ( $\text{O}_2^{\cdot-}$ ), formados após redução das moléculas de oxigênio presentes no meio pelos elétrons foto gerados na superfície do catalisador, levando então a formação de uma espécie estável sem efeito de degradação, reduzindo, portanto, o percentual de descontaminação do poluente (Schneider, J. T. et al. 2020). Neste trabalho, no entanto, a adição da p-BQ curiosamente exerceu um efeito diferente do esperado na degradação dos corantes AM e RB aumentando o percentual de degradação de ambos.

A literatura reporta que as quinonas podem sofrer foto-redução em sistemas aquosos produzindo radicais  $\text{HO}^{\cdot}$  e semiquinonas. As quinonas também podem ser facilmente reduzidas a semiquinonas ( $\text{Q}/\text{Q}^{\cdot-}$ ,  $E_0 = +0,29 \text{ V}$ ) após aprisionamento dos elétrons da banda de condução ( $e_{\text{CB}}^-$ ) do catalisador, impedindo assim a recombinação elétron-buraco, deixando o buraco livre para oxidar a água formando mais radicais  $\text{HO}^{\cdot}$  (Patel, K. B. et al. 1973; Ononye, A. I. et al. 1986; Edreva, A. 2005; Rodríguez, E. M. et al. 2015). Os radicais  $\text{HO}^{\cdot}$  adicionais, se formados durante os processos citados anteriormente, podem atuar na degradação dos corantes AM e RB sinergicamente às espécies oxidantes formadas com a fotoativação do catalisador  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ), o que pode explicar os resultados apresentados na Tab. 2.

## 4 | CONCLUSÃO

Dessa forma, foi possível obter microcristais de  $\beta$ -( $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$ ) pelo método sonoquímico (SQ) a 70 °C utilizado 200 mL de água como solvente. Os padrões de DRX

e o refinamento Rietveld indicaram que todos os cristais têm uma fase pura, relacionada com a estrutura cúbica do tipo espinélio. As medidas de UV-vis evidenciaram que o valor de banda proibida foi de 3,26 eV. Através da análise dos espectros de fotocatalise, pode-se observar uma redução na banda de absorção a solução dos corantes orgânicos AM e RB. O melhor resultado em relação a taxa de descoloração, foi para a solução do AM, cerca de 46,6%, já a RB foi de 43,3%, indicando assim, que uma provável degradação do grupo poluentes desses corantes. A respeito da influência do sequestrante p-BQ, observou-se um efeito não esperado, pois houve, um aumento significativo no percentual da taxa de descoloração das soluções, 91,6% para o AM e 82,3% para a RB, fato que pode estar associado ao efeito sinérgico de espécies oxidantes, formadas com a fotoativação do catalisador  $\beta$ -(Ag<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>), o que contribuiu na descoloração da solução dos corantes AM e RB.

## REFERÊNCIAS

ALAM, M.S; RAO, B.S.M; JANATA, E. **OH reactions with aliphatic alcohols: Evaluation of kinetics by direct optical absorption measurement.** A pulse radiolysis study. Radiation Physics and Chemistry, 2003;

ALMEIDA, C. A. P. **Caracterização do Lutito Barro Branco e Avaliação de sua Capacidade como Adsorvente de Corantes Usando o Azul de Metileno como Modelo.** Tese (Doutorado em Química) - Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015;

BHAT, S. A. et al. **Highly efficient catalytic reductive degradation of Rhodamine-B over Palladium-reduced graphene oxide nanocomposite.** Chemical Physics Letters, 754, 137724, 2020;

CERVANTES, T, N. M; ZAIA, D. A. M; SANTANA, H. **Estudo da fotocatalise heterogênea sobre Ti/TiO<sub>2</sub> na descoloração de corantes sintéticos.** Quim. Nova, São Paulo, v.32, n. 9, p. 2423-2428, 2009;

CHEN, Y; DIONYSIOU, D. D. **"TiO<sub>2</sub> photocatalytic films on stainless steel: The role of Degussa P-25 in modified sol-gel methods."** Applied Catalysis B: Environmental, 2006;

COSTA, M. S. M. A. **Estudo de fotodegradação de corantes xantênicos utilizando os sistemas UV/TiO<sub>2</sub> e UV/S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>.** 95 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020;

EDREVA, A. **Generation and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts: a submolecular approach.** Agriculture, Ecosystems and Environment, 106, 119–133, 2005.

FERREIRA, E. A. C. **Obtenção de molibdatos de prata através do método sonoquímico para catálise do azul de metileno.** 89f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018;

FERREIRA, E. A. C; ANDRADE, N. F ; BOMIO, M. R. D; MOTTA, F. V. **Influência do pH da solução na formação de molibdatos de prata obtidos por método sonoquímico e sua aplicação na degradação do azul de metileno.** Ceramics International;

FINGER, L. W; COX, D. E; JEPHCOAT, A. P. **Uma correção para a assimetria do pico de difração de pó devido à divergência axial.** Journal of Applied Crystallography, 27 (6), 892–900, 1994;

FOGGI, C. C. et. **Desvendando o papel dos microcristais  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  na melhora da atividade antibacteriana.** Ciência e Engenharia de Materiais: C, 110765, 2020;

FRY, T. L; ATWOOD, T; DUNBAR, M. R. **Evaluation of rhodamine B as a biomarker for raccoons.** Human-Wildlife Interactions. v. 4, p. 275-282, 2010;

GOUVEIA, A. F. et al. **Investigações experimentais e teóricas da estrutura eletrônica e propriedades fotoluminescentes de microcristais  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$**  Inorg. Chem., 53 (2014);

JÚNIOR, E. A. A. et al. **Síntese, caracterização e estudo das propriedades fotocatalíticas de microcristais de  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  para degradação de poluentes orgânicos.**In: Da Silva, H. C. Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.p. 157-168;

KHATAEE, A. et al. **Ultrasonic Sonochemistry Sonocatalytic degradation of a textile dye over Gd-doped ZnO nanoparticles synthesized through sonochemical process.** Ultrasonics - Sonochemistry, [s.l.], v. 23, p. 219–230, 2015;

KHATRI, A; RANA, P. S. **Visible light assisted photocatalysis of Methylene Blue and Rose Bengal dyes by iron doped NiO nanoparticles prepared via chemical co-precipitation.** Physica B: Condensed Matter, 579, 411905, 2020;

KRAY, L. J. **Estudo cinético da fotodegradação de corantes comerciais utilizando semicondutores de óxido de tântalo sintetizados a partir de líquidos iônicos.** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016;

KUMAR, M. S. et al. **Treatment of ternary dye wastewater by hydrodynamic cavitation combined with other advanced oxidation processes (AOP's).** Journal of Water Process Engineering, [s.l.], v. 23, n. January, p. 250–256, 2018;

LELLIS, B; FÁVARO-POLONIO, C. Z; PAMPHILE, J. A; POLONIO, J. C. **Effects of textile dyes on health and the environment and bioremediation potential of living organisms.** Biotechnology Research and Innovation. v. 3, p. 275-290, 2019;

LOMAX, S. Q; LEARNER, T. **A Review of the Classes, Structures, and Methods of Analysis of Synthetic Organic Pigments.** Journal of the American Institute for Conservation. v. 45, p. 107–125, 2006;

MARTÍNEZ-LÓPEZ, S. et al. **Pulsed light for a cleaner dyeing industry: Azo dye degradation by an advanced oxidation process driven by pulsed light.** Journal of Cleaner Production, [s.l.], v. 217, p. 757–766, 2019;

MUTHU, S. S. **Sustainability in the Textile Industry.** Springer Singapore. p. 1–8, 2017;

NG, C. H. B; FAN, W.Y. **Uncovering Metastable  $\alpha$ - $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  Phase Under Ambient Conditions. Overcoming High Pressures by 2,3-Bis(2-pyridyl)pyrazine Doping** Cryst. Growth Des. 15, 3032–3037, 2015;

OLIVEIRA, C. A. et al. **Well-designed  $\beta$ - $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  crystals with photocatalytic and antibacterial activity**. *Materials e Design*, 115, 73-81, 2017;

OLIVEIRA, H. G. **Eletrodos porosos contendo  $\text{TiO}_2$  e  $\text{WO}_3$ : propriedades eletroquímicas e atividade fotocatalítica para remoção do corante rodamina B e do hormônio 17  $\alpha$ -etinilestradiol em solução aquosa**. Tese de Doutorado apresentada Instituto de Química da UNICAMP, Campinas-SP, 2012;

ONONYE, A. I; MCINTOSH, A. R; BOLTON, J. R. **Mechanism of the Photochemistry of p-Benzoquinone In Aqueous Solutions**. *The Journal of Physical Chemistry*, v 90, n 23, 1986;

PATEL, K. B; WILLSON, R. L. **Semiquinone free radicals and oxygen. Pulse radiolysis study of one electron transfer equilibria**. *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions 1: Physical Chemistry in Condensed Phases*, 1973;

PAULINO, T. R. S; ARAÚJO, R. S; SALGADO, B. C. B. **Estudo de oxidação avançada de corantes básicos via reação Fenton ( $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ )**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 20, 347-352, 2015;

RAO, Y. F; CHU, W. **“Reaction Mechanism of Linuron Degradation in  $\text{TiO}_2$  Suspension under Visible Light Irradiation with the Assistance of  $\text{H}_2\text{O}_2$ ”** *Environmental Science & Technology*, 2009;

Rietveld, H. M. **Perfis de linha de picos de difração de pó de nêutrons para refinamento da estrutura**. *Acta Crystallographica*, 22 (1), 151–152I, 1967;

RODRÍGUEZ, E. M; MÁRQUEZ, G; TENA, M; ÁLVAREZ, P. M; BELTRÁN, F. J. **Determination of main species involved in the first steps of  $\text{TiO}_2$  photocatalytic degradation of organics with the use of scavengers: The case of ofloxacin**. *Applied Catalysis B: Environmental*, 178, 44-53, 2015;

SCHNEIDER, J. T; FIRAK, D. S; RIBEIRO, R. R; ZAMORA, P. P. **Use of scavenger agents in heterogeneous photocatalysis: truths, half-truths, and misinterpretations**. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 27, 2020;

SENA, M. S. **Avaliação do potencial fotocatalítico do molibdato de Cério obtido pelo método EDTA CITRATO na degradação do Azul de metileno**. Dissertação de metrado do Programa de Pós-graduação em engenharia Química, UFRN, Natal, 2016;

SOUSA, S. P. **Degradação do corante tartrazina por fotocátalise**. 2016. 45f. Trabalho de conclusão de curso –Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016;

WARMUTH, L; RITSCHER, C; FELDMANN, C. **Fotocátalise de  $\text{Ag}_2\text{MoO}_4$  dependente de faceta, composição e comprimento de onda**. *RSC Advances*, 10 (31), 2020;

ZANG, Y; SELVARAJ, R; SILLANPAA, M; TAI, C. W. **Coprecipitates synthesis of  $\text{CaIn}_2\text{O}_4$  and its photocatalytic degradation of Methylene Blue by visible light**. *Industrial e Engineering Chemistry Research*, 2014.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Agrotóxicos 99, 100, 102, 108, 109, 172, 176

Água 2, 7, 11, 16, 18, 21, 22, 29, 30, 31, 32, 33, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 79, 80, 97, 101, 102, 103, 109, 111, 113, 114, 115, 121, 125, 127, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 144, 145, 146, 147, 148, 152, 153, 154, 161, 165, 166, 175, 176, 180, 209, 211, 212, 213

Águas superficiais 43, 113, 114, 115, 118, 122, 132, 133, 134, 135, 137, 144, 165, 170, 174, 212

Amostras ambientais 166, 170, 171

Analito 133, 147, 167, 168, 169, 170, 173, 174

Antimicrobiana 28, 29, 30, 31, 33, 38, 39, 144

Atividades antrópicas 110

### B

Bactérias 9, 31, 32, 35, 37, 50, 118, 119, 124, 131, 152

Bioacumulação 145

Biodegradabilidade 131, 209

Biofilme 7, 8, 11, 12, 13, 14, 119

Biomarcadores 124, 128, 134, 136

Biomassa 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 48, 213

Biota aquática 111, 114, 118, 119

### C

Carvão 18, 23, 24, 27, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 80

Catalisadores 150, 159

Celulose 8, 16, 18, 20, 21, 22, 40, 44, 49, 50, 53, 54

Compartimentos aquáticos 101, 102, 110, 112, 117

Compostos orgânicos 1, 40, 49, 51, 52, 56, 88, 124, 152, 213

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 166

Contaminantes de Interesse Emergente (CIE) 110, 111, 215

Corantes 80, 81, 111, 124, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 169, 174, 211

Cromatografia Gasosa (GC) 49, 136, 172, 175, 176

Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) 136, 173, 175

## **D**

Degradação 49, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 92, 105, 115, 118, 122, 127, 130, 131, 132, 137, 152, 153, 161, 162, 163, 164, 210, 211, 212, 213

Desregulação endócrina 110, 117, 166

Drogas ilícitas 110, 113, 114, 119

## **E**

Ecosistemas 97, 110, 111, 114, 116, 117, 118, 119, 122, 123, 125, 128, 130, 131, 132, 136, 212

Ecotoxicidade 212

Efeitos deletérios 110, 115, 117

Efluentes industriais 150, 152, 208, 209, 211, 213

Energia renovável 17, 23, 25

Esgoto 115, 116, 122, 124, 126, 127, 128, 132, 133, 135, 136, 137, 144, 145, 212, 215

Estação de tratamento de esgoto 116, 144, 215

## **F**

Fármacos 111, 122, 124, 128, 130, 133, 135, 136, 137, 213

Fotoativação 161, 162

Fotocatalisador 211, 212

Fotocatálise heterogênea 150, 162, 208, 210

Fungos 31, 32, 37, 50, 213

## **H**

Hemicelulose 16, 18, 20, 21, 22, 44

Hormônios 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117

## **I**

Impacto ambiental 31, 77, 91, 212

## **L**

Lignina 16, 18, 19, 20, 21, 49, 50, 53, 54, 55

Limite de detecção 134, 170

luz solar 212

luz ultravioleta 212

## **M**

Meio ambiente 6, 8, 32, 38, 47, 77, 79, 87, 90, 99, 100, 105, 119, 122, 123, 125, 128, 131,

132, 145, 149, 165, 166, 167, 176, 209, 212

Metais 42, 80, 111, 165, 166, 168, 170, 171, 174, 175, 179, 180, 212, 213, 215

Métodos analíticos 165, 166, 167, 168, 173, 175

Métodos eletroquímicos 173

Micro-organismos 40

Microplásticos 110, 112, 113, 117, 118, 119

Micropoluentes 122, 127, 128, 130, 133, 135, 136, 144

## O

Óxidos metálicos 150, 153

## P

Pesticidas 42, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 111, 165, 166, 168, 169, 172, 174

Poliestireno 28, 30, 32, 39, 40, 77, 78, 118, 119

Polímero 7, 10, 32, 77, 79

Poluentes 22, 43, 48, 49, 50, 51, 52, 110, 117, 118, 119, 122, 124, 128, 144, 152, 159, 162, 163, 165, 166, 168, 169, 172, 173, 174, 175, 210

Processos convencionais de tratamento 115, 210

Processos oxidativos avançados 150, 152, 208, 209, 213, 215

## Q

Química 7, 14, 16, 17, 18, 21, 25, 26, 28, 32, 33, 36, 38, 39, 40, 46, 48, 49, 57, 80, 89, 90, 91, 92, 95, 96, 97, 110, 113, 118, 123, 125, 126, 145, 149, 162, 163, 164, 173, 174, 176, 177, 179, 208, 210, 212, 213, 215

Química orgânica 90, 96

Química verde 7, 89, 90, 91, 92, 96

## R

Radical hidroxila 153

Reaproveitamento 1, 2, 5, 7, 41, 44, 77

Reciclagem 32, 36, 37, 77, 79, 87, 88

Recursos hídricos 102, 103, 121, 163, 165, 166, 208, 209

Resíduos 1, 3, 4, 7, 8, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 42, 43, 44, 47, 77, 78, 79, 81, 88, 90, 92, 105, 106, 117, 118, 123, 152, 212, 213

Reutilização 7, 32, 39, 79, 215

## **S**

Sistema endócrino 99, 112, 113, 115, 116

Sistemas aquáticos 118

Substâncias tóxicas 90

## **T**

Toxicidade aguda 110, 114

Toxicidade crônica 166

Tratamento biológico 178

Tratamento de água 33, 41, 43, 44, 47, 48, 115, 144

Tratamento de efluentes 47, 150, 208, 209, 210, 211, 213



# Química:

Debate entre a Vida Moderna  
e o Meio Ambiente

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



# Química:

Debate entre a Vida Moderna  
e o Meio Ambiente

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

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

📷 @atenaeditora

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