



A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)



Atena
Editora
Ano 2021

A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)

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 Cremo

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^a Dr^a 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^a Dr^a 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. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
 Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
 Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale 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^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
 Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
 Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
 Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
 Prof^a Dr^a Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
 Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
 Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
 Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
 Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
 Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
 Prof^a Dr^a Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
 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. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
 Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
 Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
 Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
 Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
 Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
 Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
 Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
 Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
 Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
 Prof^a Dr^a 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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª 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
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl 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
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª 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
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª 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
 Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
 Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
 Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
 Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
 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
 Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
 Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
 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. 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
 Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
 Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
 Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
 Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
 Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
 Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
 Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
 Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
 Profª Drª Andreza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
 Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
 Profª 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
 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. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
 Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
 Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
 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
 Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
 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 Krahll – 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/UFGA
 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. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Livia 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
 Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
 Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
 Profª 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
 Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
 Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
 Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
 Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
 Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
 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
 Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
 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 geração de novos conhecimentos na química 2

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Maiara Ferreira
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Eleonora Celli Carioca Arenare

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
G354	A geração de novos conhecimentos na química 2 / Organizadora Eleonora Celli Carioca Arenare. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5983-170-8 DOI 10.22533/at.ed.708212206 1. Química. I. Arenare, Eleonora Celli Carioca (Organizadora). 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
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

A proposta implícita nessa coletânea fundamenta-se numa valorização eclética da pluralidade e diversidade, que reúne pesquisas que envolvem diversas linhas de abordagem, destacando-se por meio de tendências de estudos envolvendo a Ciência “Química”. Tendo como propósito principal disseminar e divulgar no meio acadêmico, envolvido com tal Ciência, informações provenientes de estudos e pesquisas desenvolvidas pela comunidade acadêmica contemporânea.

O e-book “A Geração de Novos Conhecimentos na Química”, está dividido em dois volumes, totalizando 46 artigos científicos, destacando-se temáticas pesquisadas e discutidas por estudantes, professores e pesquisadores. Os quais evidenciam, artigos teóricos e pesquisas de campo, abrangendo a linha de Ensino e diversas outras linhas de estudo, que se desenvolveram por meio de pesquisas laboratoriais.

O volume I aborda tendências, envolvidos com a área de Ensino de Química, os quais dão ênfase as seguintes abordagens: Ensino Remoto, Experimentação, Concepções Pedagógicas, Bioinformática, Contextualização, Jogos Lúdicos, Redes Sociais, Epistemologia, Formação de Professores, Habilidades e Competências e Metodologias utilizadas no processo de Ensino e Aprendizagem.

O volume II aborda temáticas de cunho experimental, desenvolvidas e comprovadas por meio das análises desenvolvidas em diferentes universidades brasileiras, dando ênfase à: Química Inorgânica, Eletroquímica, Química Orgânica, Química dos Alimentos, Quimiometria, Química Analítica, Química Biológica, Nanoquímica e Processos Corrosivos.

A coletânea é indicada para àqueles (estudantes, professores e pesquisadores) envolvidos com a Ciência “Química”, que anseiam por intermédio de informações atualizadas, apropriarem-se de novas informações, correlacionadas a pesquisas acadêmicas, tendo desta forma, novas bases de estudo e investigação para a aquisição e construção de novos conhecimentos.

Excelente leitura!

Eleonora Celli Carioca Arenare

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE BROMATOLÓGICA DO ÓLEO DE COCO (*Cocos nucifera* L.) E DO ÓLEO DE ABACATE (*Persea americana* Mill.)

Natasha Alves Rocha
Valdiléia Teixeira Uchôa
Camila Alves Rocha
Maria Karina da Silva
Maciel Lima Barbosa
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos
Luis Fernando Guimarães Noletto
Penina Sousa Mourão
Francisco Henrique Pereira Lopes
Camila da Silva Ibiapina
Aline Estefany Brandão Lima
Marta Silva de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.7082122061

CAPÍTULO 2..... 14

APLICAÇÃO DO FILME DE SILANOS VS/GPTMS MODIFICADOS COM A CASCA DO ALHO PARA A PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DO AÇO GALVANIZADO

Iago Magella Fernandes Costa Rossi e Silva
Lhaira Souza Barreto
Mirian Sanae Tokumoto
Fernando Cotting
Franco Dani Rico Amado
Vera Rosa Capelossi

DOI 10.22533/at.ed.7082122062

CAPÍTULO 3..... 26

AVALIAÇÃO DA COMPLEXAÇÃO ENTRE SACARINA E MÔNOMERO ORGÂNICO - INORGÂNICO POR TITULAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICA

Izabella Fernanda Ferreira Domingues
Camila Santos Dourado
Jez Willian Batista Braga
Ana Cristi Basile Dias

DOI 10.22533/at.ed.7082122063

CAPÍTULO 4..... 36

AVALIAÇÃO DE USO DE FIBRAS DA AMAZÔNIA PARA REFORÇO EM COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER

Syme Regina Souza Queiroz
José Maria Braga Pinto
Vanessa Maria Yae do Rosario Taketa
Nilton Cesar Almeida Queiroz
Emerson Rodrigues Bastos Junior
Vera Lúcia Dias da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7082122064

CAPÍTULO 5.....45

AÇÃO INIBIDORA DA CAFEÍNA CONTRA A CORROSÃO DO AÇO CARBONO SAE 1020 EM MEIO DE CLORETO DE SÓDIO

Diene de Barros Ferreira
Felipe Staciaki da Luz
Gideã Taques Tractz
Guilherme Arielo Rodrigues Maia
Letícia Fernanda Gonçalves Larsson
Paulo Rogério Pinto Rodrigues
Everson do Prado Banczek

DOI 10.22533/at.ed.7082122065

CAPÍTULO 6.....55

CATÁLISE NA QUÍMICA FINA: SÍNTESE DE ÁCIDO BENZÓICO PELA OXIDAÇÃO DO ÁLCOOL BENZÍLICO SOBRE NANOPARTÍCULAS DE OURO SUPORTADAS EM $\text{Sr(OH)}_2\text{-SrCO}_3\text{@CoFe}_2\text{O}_4$

Pelrry da Silva Costa
Jussara Moraes da Silva
Itaciara Erliny Maria da Silva Melo
Carla Verônica Rodarte de Moura
Edmilson Miranda de Moura

DOI 10.22533/at.ed.7082122066

CAPÍTULO 7.....69

DETERMINATION OF LODENAFIL CARBONATE BY SQUARE-WAVE CATHODIC STRIPPING VOLTAMMETRY

Jonatas Schadeck Carvalho
Sueli Pércio Quináia

DOI 10.22533/at.ed.7082122067

CAPÍTULO 8.....81

DESENVOLVIMENTO DE BIOFILMES PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA LARANJA PÊRA

Taís Port Hartz

DOI 10.22533/at.ed.7082122068

CAPÍTULO 9.....85

DETERMINAÇÃO DE TEMPERATURA DE TORRA POR ANÁLISE TÉRMICA

Francisco Raimundo da Silva
Weverton Campos Nozela
Diógenes dos Santos Dias
Clóvis Augusto Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.7082122069

CAPÍTULO 10.....96

DETERMINAÇÃO POR GC-MS DOS PRINCIPAIS COMPOSTOS VOLÁTEIS EM GALHOS E FOLHAS DE MANSOA HIRSUTA

Nayra Micaeli dos Santos Sousa

Patrícia e Silva Alves
Paulo Sousa Lima Junior
Joaquim Soares da Costa Junior
Christian Rilza Silva de Melo
Nerilson Marques Lima
Antônia Maria das Graças Lopes Citó
Teresinha de Jesus Aguiar dos Santos Andrade

DOI 10.22533/at.ed.70821220610

CAPÍTULO 11..... 104

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE MÉTODOS ANALÍTICOS POR CLAE-DAD E UV-Vis PARA QUANTIFICAÇÃO DE FLAVONOIDES NAS FOLHAS DE TRIPLARIS GARDNERIANA WEDD. (POLYGONACEAE)

Sandra Kelle Souza Macêdo
Emanuela Chiara Valença Pereira
Isabela Araújo e Amariz
David Fernandes Lima
Jackson Roberto Guedes da Silva Almeida
Larissa Araújo Rolim
Xirley Pereira Nunes

DOI 10.22533/at.ed.70821220611

CAPÍTULO 12..... 130

ESTUDO DA ADSORÇÃO DE ÍONS A NANOPARTÍCULAS DE FERRITA DE COBALTO CoFe_2O_4

Caio Carvalho dos Santos
Wesley Renato Viali
Eloiza da Silva Nunes Viali
Miguel Jafelicci Júnior
Rodrigo Fernando Costa Marques

DOI 10.22533/at.ed.70821220612

CAPÍTULO 13..... 142

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE HIDROLISADOS DE BSG NA SUBSTITUIÇÃO DA SOJA COMO PROTEÍNA VEGETAL ADICIONADA

Suyanne Teske Pires
Rodrigo Geremias

DOI 10.22533/at.ed.70821220613

CAPÍTULO 14..... 150

FILMES DE AMIDO/QUITOSANA ADICIONADOS DE FIBRAS E CRITAIS DE NANOCELULOSE OBTIDOS DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS

Renata Paula Herrera Brandelero
Evandro Martim Brandelero
Guilherme Landim Santos

DOI 10.22533/at.ed.70821220614

CAPÍTULO 15..... 161

FOTOCATALISADORES À BASE DE d-FeOOH E NiO: ESTUDO EXPERIMENTAL E ASPECTOS TEÓRICOS

Mariana de Rezende Bonesio
Francisco Guilherme Esteves Nogueira
Daiana Teixeira Mancini
Teodorico de Castro Ramalho

DOI 10.22533/at.ed.70821220615

CAPÍTULO 16..... 163

RHODAMINE B PHOTODEGRADATION OVER Ag_3PO_4 /SBA-15 UNDER VISIBLE RADIATION BASED ON WLEDs LIGHT

Luis Fernando Guimarães Noletto
Francisco Henrique Pereira Lopes
Vitória Eduardo Mendes Vieira
Marta Silva de Oliveira
Maria Karina da Silva
Camila da Silva Ibiapina
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos
João Ferreira da Cruz Filho
Lara Kelly Ribeiro da Silva
Aline Estefany Brandão Lima
Maria Joseíta dos Santos Costa
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

DOI 10.22533/at.ed.70821220616

CAPÍTULO 17..... 183

LACTOFERRINA: PROPRIEDADES ESTRUTURAS E SUAS FUNÇÕES BIOLÓGICAS

Edson Ferreira da Silva
Milena Bandeira de Melo
Marta Maria Oliveira dos Santos Gomes
Sonia Salgueiro Machado
Fabiane Caxico de Abreu Galdino

DOI 10.22533/at.ed.70821220617

CAPÍTULO 18..... 195

NANOFLUIDOS DE SULFETO DE COBRE

Caio Carvalho dos Santos
Wesley Renato Viali
Eloiza da Silva Nunes Viali
Miguel Jafelicci Júnior
Rodrigo Fernando Costa Marques

DOI 10.22533/at.ed.70821220618

CAPÍTULO 19.....207

NANOTUBOS DE TITANATO DE SÓDIO ($\text{Na}_x\text{H}_{2-x}\text{Ti}_3\text{O}_7$) OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL

Isabela Marcondelli Iani
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Alexandre Zirpoli Simões
Glenda Biasotto
Maria Aparecida Zaghete
Elson Longo
Leinig Antonio Perazolli

DOI 10.22533/at.ed.70821220619

CAPÍTULO 20.....220

PRODUCTION OF ROD-LIKE MORPHOLOGY OF $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ METAL-ORGANIC FRAMEWORKS USING ONE MINUTE SONICATION

Aline Geice Silva de Oliveira
Daniela Cordeiro Leite Vasconcelos
Peter George Weidler
Wander Luiz Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.70821220620

CAPÍTULO 21.....231

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE NANOFIBRAS DE CARBONO POR FIAÇÃO POR SOPRO A PARTIR DE POLIACRILONITRILA

Lais Angelice de Camargo
Monica Cristina Ferro Martins
José Manoel Marconcini
Luiz Henrique Capparelli Mattoso

DOI 10.22533/at.ed.70821220621

CAPÍTULO 22.....237

PROPRIEDADES MECÂNICAS DE FILMES DE AMIDO TERMOPLÁSTICO NA PRESENÇA DE UREIA

João Otávio Donizette Malafatti
Thamara Machado de Oliveira Ruellas
Letícia Ferreira Lacerda Schildt
Marcelo Ávila Domingues
Bruna Santostaso Marinho
Mariana Rodrigues Meirelles
Elaine Cristina Paris

DOI 10.22533/at.ed.70821220622

CAPÍTULO 23.....250

QUÍMICA FORENSE: DESMISTIFICANDO AS ANÁLISES CRIMINALÍSTICAS CINEMATOGRAFICAS

Anna Maria Deobald
Maísa Silveira
Aline Machado Zancanaro

DOI 10.22533/at.ed.70821220623

CAPÍTULO 24.....263

REAÇÕES DE DESSULFURIZAÇÃO OXIDATIVA DO DIBENZOTIOFENO CATALISADA POR COMPLEXOS DE VANÁDIO, NIÓBIO E MOLIBDÊNIO

Carlos Taryk Bessa da Silva

Juliana Moreira Barreto

Paula Marcelly Alves Machado

Elizabeth Roditi Lachter

DOI 10.22533/at.ed.70821220624

CAPÍTULO 25.....274

SIMULAÇÕES DE DOCKING E DINÂMICA MOLECULAR NA BUSCA DE FÁRMACOS MODULADORES DO SISTEMA NEUROINFLAMATÓRIO EM INFECÇÕES PELO SARS-COV-2

Micael Davi Lima de Oliveira

Kelson Mota Teixeira de Oliveira

Jonathas Nunes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.70821220625

CAPÍTULO 26.....296

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE COMPLEXOS DE PALÁDIO(II) COM LIGANTE FOSFÍNICO

Thais Castro Silva

Alessandra Stevanato

Adriana Pereira Duarte

Cláudio Rodrigo Nogueira

Janksyn Bertozzi

Valéria da Silva Cavana

Cristiana da Silva

DOI 10.22533/at.ed.70821220626

CAPÍTULO 27.....309

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO de $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{SiO}_2$ E SUA APLICAÇÃO NA MODIFICAÇÃO DE ELETRODO IMPRESSO DE CARBONO

Vanessa Cezar Ribas

Jacqueline Arguello da Silva

Thágor Moreira Klein

Larissa Leffa Fernandes

Vladimir Lavayen

DOI 10.22533/at.ed.70821220627

CAPÍTULO 28.....320

TUNGSTATO DE MAGNÉSIO (MgWO_4): UMA REVISÃO SOBRE OS MÉTODOS DE SÍNTESE

Vitória Eduardo Mendes Vieira

Luis Fernando Guimarães Noletto

Francisco Henrique Pereira Lopes

Marta Silva de Oliveira

Ester Pamponet Ribeiro

Keyla Raquel Batista da Silva Costa
Maria Karina da Silva
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos
Maria Joseífa dos Santos Costa
Amanda Carolina Soares Jucá
Yáscara Lopes de Oliveira
Laécio Santos Cavalcante

DOI 10.22533/at.ed.70821220628

SOBRE A ORGANIZADORA.....	334
ÍNDICE REMISSIVO.....	335

PRODUCTION OF ROD-LIKE MORPHOLOGY OF $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ METAL-ORGANIC FRAMEWORKS USING ONE MINUTE SONICATION

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 05/04/2021

Aline Geice Silva de Oliveira

Universidade Federal de Minas Gerais,
Departamento de Engenharia Metalúrgica e de
Materiais

Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/2028657699989569>

Daniela Cordeiro Leite Vasconcelos

Universidade Federal de Minas Gerais,
Departamento de Engenharia Metalúrgica e de
Materiais

Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/3281433683051375>

Peter George Weidler

Karlsruhe Institute of Technology, Institute of
Functional Interfaces
Karlsruhe – BW, Germany
https://www.ifg.kit.edu/english/21_215.php

Wander Luiz Vasconcelos

Universidade Federal de Minas Gerais,
Departamento de Engenharia Metalúrgica e de
Materiais

Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/3617697065989200>

ABSTRACT: This paper reports a new short time strategy for producing rod-like morphology of metal-organic frameworks (MOFs), by using one minute ultrasonic homogenizer (or “sonicator”) at room temperature and ambient pressure. The crystallinity of the obtained $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ was

investigated by X-ray diffraction and its stable formation corroborated with Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) results. This study promotes an optimization process to synthesize MOFs.

KEYWORDS: Metal-organic frameworks (MOF), Morphology, Ultrasonic Energy, X-Ray Diffraction, FTIR Spectroscopy.

PRODUÇÃO DE REDES TRIDIMENSIONAIS ORGANOMETÁLICAS (MOFS) DO TIPO $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ COM MORFOLOGIA DE BASTONETES USANDO SONICAÇÃO POR APENAS UM MINUTO

RESUMO: Este artigo demonstra uma nova estratégia para a produção rápida de estruturas metal-orgânicas (MOFs) com morfologia de bastonete, usando um homogeneizador ultrassônico (ou “sonicador”) por um minuto em temperatura e pressão ambientes. A cristalinidade do MOF $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ obtido foi investigada por Difração de Raios X e sua estabilidade foi corroborada com os resultados de Espectroscopia FTIR (Fourier Transform Infrared Spectrometer). Este estudo contribui para a otimização do processo de síntese dos MOFs.

PALAVRAS - CHAVE: Redes tridimensionais organometálicas (MOF), Morfologia, Energia ultrassônica, Difração de raios X, Espectroscopia FTIR.

1 | INTRODUCTION

Metal-organic frameworks (MOFs) are crystalline and porous materials with chemical flexible properties which are composed of transition metals ions or clusters linked by organic ligands (Domán et al.; Tranchemontagne et al.). They present wide applications, such as gas storage and separation (Zhao et al.; Valadez Sánchez et al.; Shan et al.), catalysis (Remya and Kurian), carbon dioxide capture (Trickett et al.), among others (Fischer and Bétard; Kayal et al.). In this sense, researches have been done to improve its synthesis parameters (T. Chen et al.; Moosavi et al.). The metal-organic framework $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$, a coordination compound formed by copper and trimesic acid, also known as Cu-BTC and HKUST-1, is one of the widely studied MOF.

Several methods are applied in Cu-BTC synthesis, such as sonochemical, solvothermal, electrochemical and microwave (Furukawa et al.). The sonochemical procedure, in particular, has been noted in the last years (Li et al.; Xu et al.), although some ultrasonic machines offer dispersed energy, which difficult the synthesis of the material (Sargazi et al.; da Silva et al.). This suggests the necessity to discover new routes to achieve an increase in the yield of produced MOFs and reductions of the synthesis time. In this scenario, the sonicator has been recently used to obtain the Cu-BTC MOF and varied morphologies (Israr et al.; Luo et al.; Dhumal et al.). In this study, we produced a rod-like Cu-BTC and presented an optimized synthesis through ultrasonic homogenizer (or “sonicator”).

2 | EXPERIMENTAL

2.1 CuBTC preparation

The $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ DMF-based was prepared using copper acetate anhydride ($\text{Cu}(\text{OAc})_2$), 1,3,5-benzene tricarboxylic acid (H_3BTC), and ethanol (99.5%), used without further purification. All the reagents were purchased by Sigma-Aldrich. The H_3BTC was dissolved in 25 mL N,N-dimethylformamide (DMF 99,8%) and cupric acetate was added in the same solution. Then ultrasonic irradiation was applied at different reaction times. The mixture was filled in a 50 mL vessel and heated to 120 °C for 12 h, within and without autoclave to compare. The products were filtered, washed with ethanol and dried at 60 °C.

2.2 Ultrasonic radiation interference experiments

During the ultrasonic irradiation cited step, the reaction times were varied from 1 min to 60 min at a frequency of 24 KHz and 60% of power (UP 200S, Hielscher Ultrasonics GmbH, Teltow, Germany), called in this work “sonicator”, output 200W, Figure 1, Sonotrode S3. The time was varied to find the necessary minimum time to obtain the material.

2.3 Techniques used for characterization

The materials were characterized by powder X-ray diffractometer (XRD) PANalytical Empyrean X-ray in the 2θ range from 5° to 20° , using scan speed of 0.02° with an acquisition time of 20s per step. Due to the anisotropic shape of the particles, preferential orientation was checked with the help of the Williamson-Hall approach (G.K. Williamson and W.H. Hall). FTIR spectroscopy (Perkin-Elmer Frontier spectrometer with aid of ATR accessory) was performed between 4000 cm^{-1} and 400 cm^{-1} , with a resolution of 4 cm^{-1} and 128 scans. Scanning electron microscope (SEM) Quanta 3D FEG FEI was used for morphologies analyses. To perform the analysis on the SEM, the samples were powdered and their surfaces were covered with a layer of about 15 nm of amorphous carbon to improve surface conductivity, avoiding the accumulation of charges during image acquisition. TEM images were obtained from transmission electron microscope G2-20-SuperTwin FEI microscope. Thermal analyses (TGA) were measured using a Perkin-Elmer STA 6000 simultaneous thermal analyzer Instrument in N_2 atmosphere. The materials were heated from 30°C to 900°C at a rate of $10^\circ\text{C} / \text{min}$.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

In this study we use an ultrasonic homogenizer (or “sonicator”) that works both directly through cavitation energy transfer mechanism, whereby bubbles form and collapse, as well as through the ultrasonic forces, by introducing a probe into the sample, as shown in Fig. 16. The probe vibrates rapidly and transfers its ultrasonic energy to the sample with a more localized process, which provides uniform MOFs in just a few seconds (da Silva et al.; Li et al.; Sargazi et al.).

Ultrasound is cyclic mechanical vibration between 20 kHz and 10 MHz. It can interact with liquids, alternating areas of compression (high pressure) and rarefaction (low pressure). In the low pressure region small bubbles are formed. The bubbles grow (tens of micrometers) under alternating pressure and ultrasonic energy is accumulated. When the bubbles reach their maximum size, they become unstable and collapse: cavitation process. Rapid energy release with heating and cooling rates of 10^{10} K/s , temperatures around 5000 K and pressures of around 1000 bar. Thereby, these points present very unusual conditions of short duration and extremely high temperatures and pressures inside the collapsing bubble and nearby (ring of $\pm 200\text{ nm}$) (Stock and Biswas).

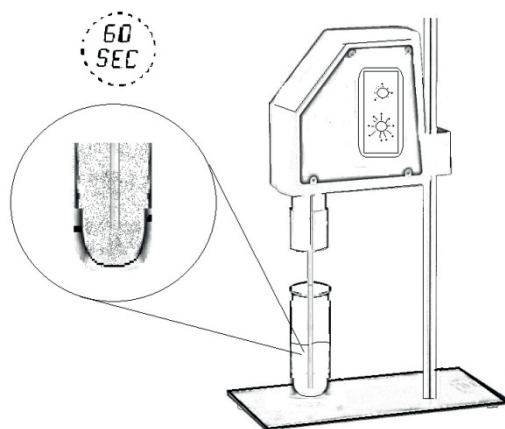


Figure 1. Illustration of the dispersion of nanoparticles by using high energy ultrasonic homogenizer to MOF preparation

In this way, the Cu-BTC MOFs were prepared by using copper acetate and H_3BTC in DMF under sonicator for only 1 min, at room temperature and ambient pressure, (Figure 2a) which was enough to obtain a high amount of $Cu_3(BTC)_2$ (68,5%, based on Cu). Furthermore, combining with the solvothermal method, by using autoclave, we achieved even higher values of $Cu_3(BTC)_2$ (78,1%, based on Cu), Figure 2b and after the drying process Figure 2c.

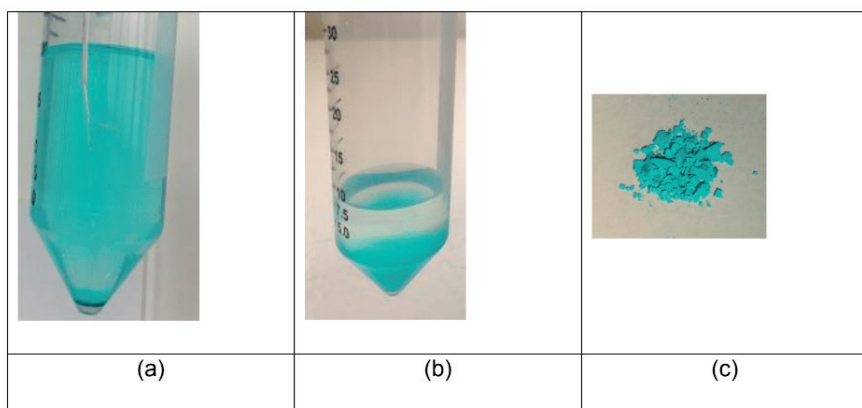


Figure 2. Process of obtaining MOFs: (a) mixture of copper and BTC precursors, (b) separation of the two phases (MOF and solvent) characteristic of the formation of the MOF and (c) final MOF powder.

3.1 XRD

The Figure 3 shows the XRD patterns of the resulting MOFs obtained by using sonicator even at very low times. The results for the samples obtained using one and five minutes of sonication were evaluated and compared with the literature. In this sense, all of the diffraction peaks could be correlated to the crystalline $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ pattern (ref.(Schlichte et al.; Chui et al.)). The absence of additional peaks in the presented range demonstrates a satisfactory level of purity of the crystalline structure. In addition, reflections of an unknown phase appear (not shown here) when the reaction time was increased to 30 min, 60 min and 120 min, indicating that the structure of the sample is changed due to ultrasound irradiation for a long reaction time, as suggested by the results for the five minutes sample shown at Figure 2. Furthermore, the yield of solvent into the MOF pores may interfere in the relative intensities of the diffraction peaks (Li et al.; da Silva et al.). From the Williamson-Hall plot applying all observed (hkl)-reflections, no anisotropy could be deduced. Thus, the shape of the particles is not reflected in the crystalline domains. Their size was calculated from the plot to 23 nm and the stress/strain parameter ϵ_0 to $0.0021 d_0/d$, with d the lattice plane distance. These results indicated that fast sonicator dispersion of the particles allows the formation of crystalline and well-defined structures, which is consistent with results obtained from FTIR.

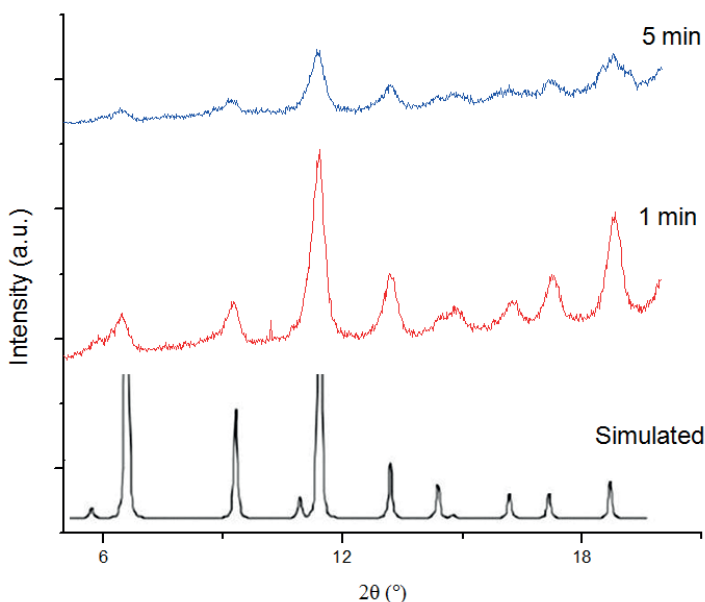


Figure 3. Powder X-Ray diffraction patterns simulated from the crystallographic data of $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ (ref. (Chui et al.)), and samples synthesized by using high energy sonicator: 1 min and 5 min.

3.2 FTIR

The FTIR spectrum illustrated in Figure 4 shows the comparison between the synthesized $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ and H_3BTC , source of BTC. The bands around 1634 cm^{-1} , 1446 cm^{-1} , 1419 cm^{-1} and 1372 cm^{-1} refer to the pure Cu-BTC which are attributed to vibrations of its carboxylate group. The 1634 and 1419 cm^{-1} founded bands were attributed to asymmetric $\nu_s(\text{COO})$ and symmetric $\nu_s(\text{COO})$ stretching modes, respectively. These modes can be assigned to those carboxylate groups located in the big pores of Cu-BTC. Meanwhile, the 1446 , and 1372 cm^{-1} peaks were attributed to asymmetric $\nu_s(\text{COO})$ and symmetric $\nu_s(\text{COO})$ stretching vibrations of those carboxylate groups located in the smaller pores (Dhumal et al.; C. Chen et al.; Liao et al.).

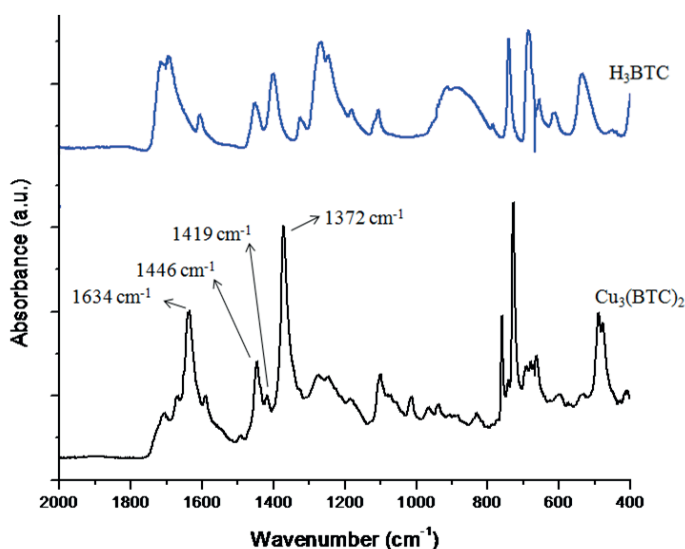


Figure 4. FTIR spectrum of H_3BTC and $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ sample synthesized by 1 min ultrasonic homogenizer

3.3 Thermogravimetric analysis TG/Degradation

The obtained material was studied in terms of thermal stability by using TG/DTG analysis. The curves of Cu-BTC are shown in Figure 5. The first region showed a weak peak around $100\text{ }^\circ\text{C}$ which was related to the small presence of water that was physically adsorbed in the pores. The second region about $150\text{ }^\circ\text{C}$ suggests the loss of residual DMF and ethanol solvents. The third region of weight loss occurred around $330\text{ }^\circ\text{C}$, may be associated with the decomposition of the BTC ligands and secondary building units in Cu-BTC, which indicates a complete collapse and degradation of the MOF structure.

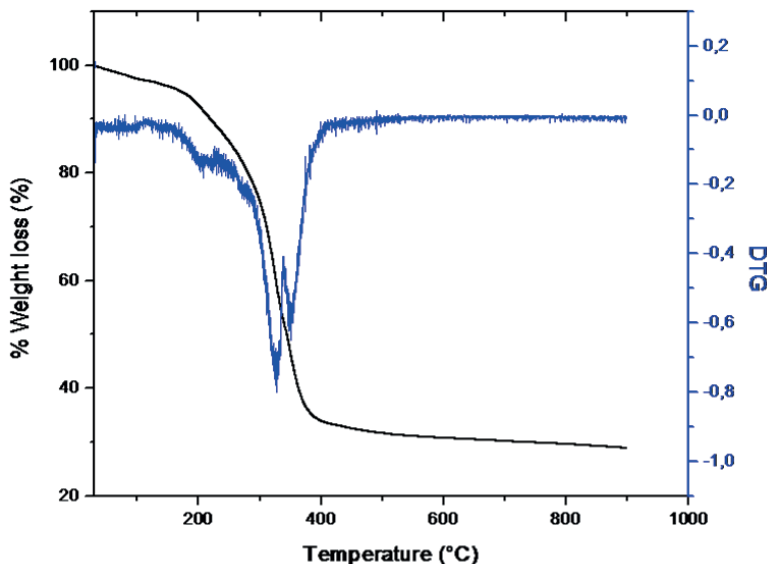


Figure 5. TG/DTG of $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ sample synthesized with ultrasonic homogenizer

3.4 SEM and TEM

The SEM and TEM images shown in Figure 6 demonstrated the morphologies of the $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ prepared by using 1 min sonication method. The morphologies features of rod-like are shown in Figure 6a, with a size range of 1–2 μm . According to the literature, the conventional solvothermal method presented MOFs with octahedral shape and crystal sizes in the order of nanometers, which were smaller than those found here (Li et al.; Furukawa). The crystal size can also be tuned through the reaction conditions. When the reaction was conducted using the same sonication process, although at ambient pressure, Figure 6b, the rod-like appeared more agglomerated, suggesting the formation of interconnected hollow regions. Figure 6c and d well indicated the crystalline nature of the nanomaterials by transmission electron microscope (TEM). These images corroborated the morphologies presented above with a size around 1.4 μm , and exhibited the regular rod-like morphology with hexagonal-shaped transversal section with the diameter around 100 nm, respectively. This indicated that using even few seconds of homogenizing ultrasonic irradiation, the rod-like morphology of Cu-BTC can be achieved and modeled.

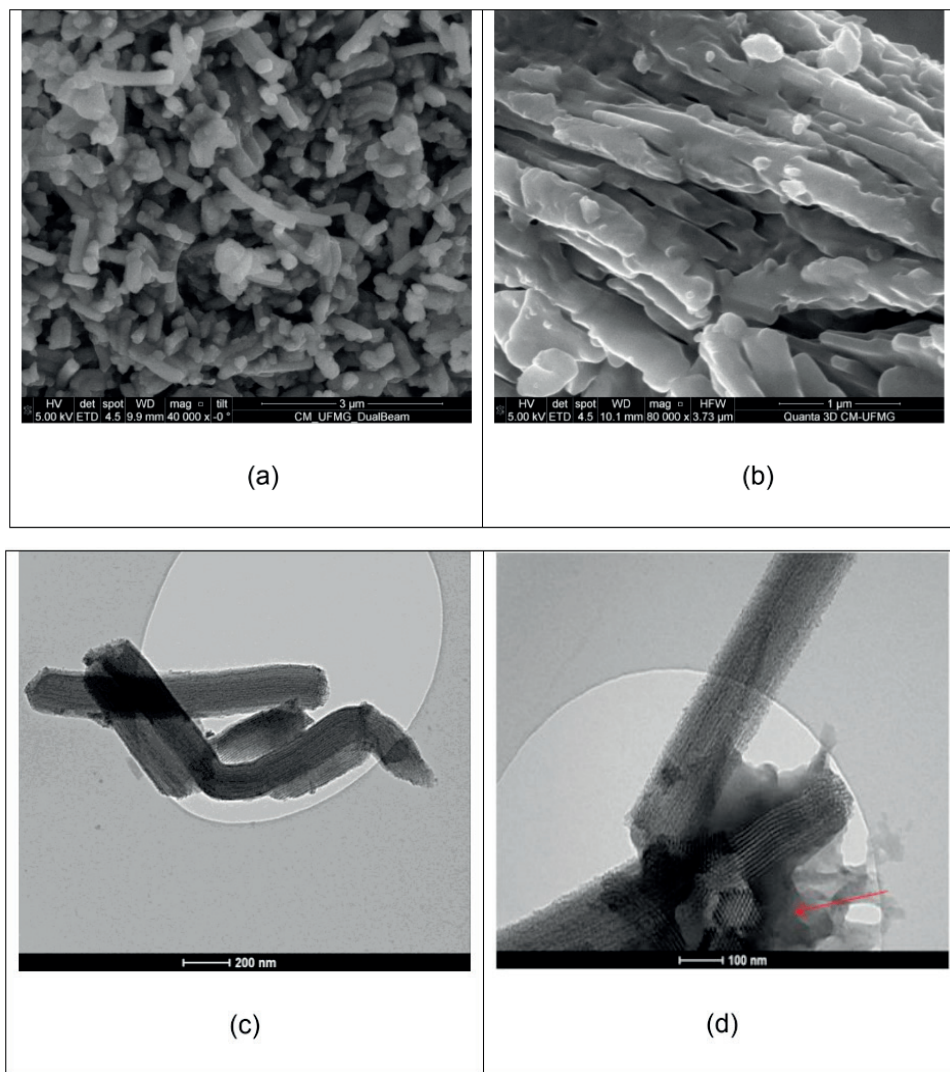


Figure 6. SEM images of Cu-BTC by one minute ultrasonic irradiation homogenizer under different pressures (a) autoclave, (b) ambient pressure; and TEM images of Cu-BTC by one minute ultrasonic irradiation homogenizer both (c) and (d) under autoclave.

4 | CONCLUSIONS

In summary, the obtained results in this study confirmed the successful rapid ultrasonic homogenization technique to rod-like $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ formation. The material could be prepared by using one minute sonication method due its rapidly probe vibration and the ultrasonic energy transference. This more localized process provided uniform MOFs even at room temperature and ambient pressure. In addition, the studied homogenization step

promoted an optimization process of the MOF synthesis and could be associated with the as solvothermal and sonochemical conventional methods.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the financial support of CAPES-PROEX, CNPq and FAPEMIG and, additionally, to the Institute of Functional Interfaces of the Karlsruhe University for technical support.

REFERENCES

- Chen, Chong, et al. **"Synthesis of Hierarchically Structured Hybrid Materials by Controlled Self-Assembly of Metal-Organic Framework with Mesoporous Silica for CO₂ Adsorption."** ACS Applied Materials and Interfaces, vol. 9, no. 27, 2017, pp. 23060–71, doi:10.1021/acsami.7b08117.
- Chen, Tian, et al. **"A Novel Hexagonal Prism Cu-BTC by Unipolar Pulse Electropolymerization."** Materials Letters, vol. 254, Elsevier B.V., 2019, pp. 137–40, doi:10.1016/j.matlet.2019.07.046.
- Chui, Stephen S. Y., et al. **"A Chemically Functionalizable Nanoporous Material [Cu₃(TMA)₂(H₂O)₃](N)."** Science, vol. 283, no. 5405, 1999, pp. 1148–50, doi:10.1126/science.283.5405.1148.
- da Silva, Gilvaldo G., et al. **"Sonoelectrochemical Synthesis of Metal-Organic Frameworks."** Synthetic Metals, vol. 220, no. October, Elsevier B.V., 2016, pp. 369–73, doi:10.1016/j.synthmet.2016.07.003.
- Dhumal, Nilesh R., et al. **"Molecular Interactions of a Cu-Based Metal-Organic Framework with a Confined Imidazolium-Based Ionic Liquid: A Combined Density Functional Theory and Experimental Vibrational Spectroscopy Study."** Journal of Physical Chemistry C, vol. 120, no. 6, 2016, pp. 3295–304, doi:10.1021/acs.jpcc.5b10123.
- Domán, Andrea, et al. **"In Situ Evolved Gas Analysis Assisted Thermogravimetric (TG-FTIR and TG/DTA-MS) Studies on Non-Activated Copper Benzene-1,3,5-Tricarboxylate."** Thermochimica Acta, vol. 647, Elsevier B.V., 2017, pp. 62–69, doi:10.1016/j.tca.2016.11.013.
- Fischer, Roland A., and Angélique. Bétard. **"Metal-Organic Framework Thin Films: From Fundamentals to Applications."** Chemical Reviews, 2011, pp. 1055–83.
- Furukawa, Hiroyasu, et al. **"The Chemistry and Applications of Metal-Organic Frameworks."** Science, 2013, doi:10.1126/science.1230444.
- Furukawa, Shuhei; Stephane Diring. **"Controlled Multiscale Synthesis of Porous Coordination Polymer in Nano/Micro Regimes."** Chemistry of Materials, vol. 22, no. 16, 2010, pp. 4531–38.
- G.K. Williamson and W.H. Hall. **"X-Ray Line Broadening from Filled Aluminium and Wolfram."** Acta Metallurgica, vol. 1, 1953, pp. 22–31.

Israr, Farrukh, et al. **"Synthesis of Porous Cu-BTC with Ultrasonic Treatment: Effects of Ultrasonic Power and Solvent Condition."** *Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 29, Elsevier B.V., 2016, pp. 186–93, doi:10.1016/j.ultsonch.2015.08.023.

Kayal, Sibnath, et al. **"Green Synthesis and Characterization of Aluminium Fumarate Metal-Organic Framework for Heat Transformation Applications."** *Materials Letters*, vol. 221, Elsevier B.V., 2018, pp. 165–67, doi:10.1016/j.matlet.2018.03.099.

Li, Zong Qun, et al. **"Ultrasonic Synthesis of the Microporous Metal-Organic Framework Cu₃(BTC)₂ at Ambient Temperature and Pressure: An Efficient and Environmentally Friendly Method."** *Materials Letters*, vol. 63, no. 1, Elsevier B.V., 2009, pp. 78–80, doi:10.1016/j.matlet.2008.09.010.

Liao, Peisen, et al. **"Transforming HKUST-1 Metal–Organic Frameworks into Gels – Stimuli-Responsiveness and Morphology Evolution."** *European Journal of Inorganic Chemistry*, vol. 2017, no. 19, 2017, pp. 2580–84, doi:10.1002/ejic.201700048.

Luo, Yun, et al. **"Synthesis of Cu-BTC Metal-Organic Framework by Ultrasonic Wave-Assisted Ball Milling with Enhanced Congo Red Removal Property."** *ChemistrySelect*, vol. 3, no. 41, 2018, pp. 11435–40, doi:10.1002/slct.201802067.

Moosavi, Seyed Mohamad, et al. **"Capturing Chemical Intuition in Synthesis of Metal-Organic Frameworks."** *Nature Communications*, vol. 10, no. 1, Springer US, 2019, pp. 1–7, doi:10.1038/s41467-019-08483-9.

Remya, V. R., and Manju Kurian. **"Synthesis and Catalytic Applications of Metal–Organic Frameworks: A Review on Recent Literature."** *International Nano Letters*, vol. 9, no. 1, Springer Berlin Heidelberg, 2019, pp. 17–29, doi:10.1007/s40089-018-0255-1.

Sargazi, Ghasem, et al. **"Rapid Synthesis of Cobalt Metal Organic Framework."** *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, vol. 24, no. 4, 2014, pp. 786–90, doi:10.1007/s10904-014-0042-z.

Schlichte, Klaus, et al. **"Improved Synthesis, Thermal Stability and Catalytic Properties of the Metal-Organic Framework Compound Cu₃(BTC)₂."** *Microporous and Mesoporous Materials*, vol. 73, no. 1–2, 2004, pp. 81–88, doi:10.1016/j.micromeso.2003.12.027.

Shan, Meixia, et al. **"Facile Manufacture of Porous Organic Framework Membranes for Precombustion CO₂ Capture."** *Science Advances*, vol. 4, no. 9, 2018, pp. 1–7, doi:10.1126/sciadv.aau1698.

Stock, Norbert, and Shyam Biswas. **"Synthesis of Metal-Organic Frameworks (MOFs): Routes to Various MOF Topologies, Morphologies, and Composites."** *Chemical Reviews*, vol. 112, no. 2, 2012, pp. 933–69, doi:10.1021/cr200304e.

Tranchemontagne, David J., et al. **"Room Temperature Synthesis of Metal-Organic Frameworks: MOF-5, MOF-74, MOF-177, MOF-199, and IRMOF-0."** *Tetrahedron*, vol. 64, no. 36, 2008, pp. 8553–57, doi:10.1016/j.tet.2008.06.036.

Trickett, Christopher A., et al. **"The Chemistry of Metal-Organic Frameworks for CO₂ Capture, Regeneration and Conversion."** *Nature Reviews Materials*, vol. 2, no. 8, Macmillan Publishers Limited, 2017, pp. 1–16, doi:10.1038/natrevmats.2017.45.

Valadez Sánchez, Elvia P., et al. **" α -Al₂O₃-Supported ZIF-8 SURMOF Membranes: Diffusion Mechanism of Ethene/Ethane Mixtures and Gas Separation Performance."** *Journal of Membrane Science*, vol. 594, no. July 2018, Elsevier B.V., 2020, p. 117421, doi:10.1016/j.memsci.2019.117421.

Xu, Hangxun, et al. **"Sonochemical Synthesis of Nanomaterials."** *Chemical Society Reviews*, vol. 42, no. 7, 2013, pp. 2555–67, doi:10.1039/c2cs35282f.

Zhao, Xiang, et al. **"Metal–Organic Frameworks for Separation."** *Advanced Materials*, vol. 30, no. 37, 2018, pp. 1–34, doi:10.1002/adma.201705189.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço galvanizado 6, 14, 15, 16, 17, 20, 24

Adsorção de íons 8, 130, 131, 133

Agente Antimicrobiano 183

Análise 6, 7, 1, 2, 5, 6, 8, 14, 29, 32, 38, 39, 40, 43, 58, 60, 64, 82, 83, 85, 93, 96, 98, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 122, 123, 125, 127, 135, 136, 137, 146, 162, 200, 241, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 258, 260, 263, 267, 268, 269, 276, 280, 281, 289, 296, 300, 303, 306, 307, 308, 312, 321

Análise Termogravimétrica 85

B

Biofilmes 7, 81, 82, 83, 84

Biomassa 85, 87, 88, 91, 93

C

Capacidade de Retenção 142, 144, 146, 147, 148

Catálise heterogênea 55, 57

Compósitos 6, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 159, 164, 197, 203

Compostos voláteis 7, 96, 100, 101

Condutividade térmica 195, 196, 197, 198, 200, 203, 204

Controle de qualidade 3, 4, 105, 106, 126, 127

Co-Precipitação 130, 131, 132, 133, 134, 139, 162

Criminalística 250, 251, 252, 261, 262

D

Decantação 2, 4, 6, 7, 11, 87, 153

E

Eletroquímica 5, 14, 17, 18, 20, 45, 46, 47, 48, 49, 311

Energia ultrassônica 220

F

Fibras vegetais 36, 37, 40, 44, 152

Filmes 8, 10, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 81, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 237, 238, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 250, 261, 318

Fotocatálise 161, 164, 177, 180, 181, 208, 329

I

Inibidores de corrosão 16, 45, 46

Inibidor verde 15, 47, 52

L

Legislação 2, 4, 121, 124, 125, 126, 127, 143

M

Método de síntese 209, 210, 214, 323, 327, 328, 329, 330

Morfologia 13, 36, 38, 41, 43, 130, 133, 200, 201, 202, 209, 210, 211, 212, 213, 220, 309, 310, 312, 314, 316

N

Nanopartículas magnéticas 130, 131, 132, 133, 137, 139, 309, 310, 311

P

Plastificantes 237, 238, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 246

Polímeros Naturais 150, 151

Pré-tratamento 14, 15, 16, 23, 328

Propriedades Mecânicas 10, 15, 36, 39, 43, 151, 152, 237, 238, 241, 243, 245, 246, 247

Q

Química Forense 10, 250, 251, 261, 262

Química Verde 2, 12, 45, 334

Quimiometria 5, 26

R

Revestimentos 81, 196, 197, 241, 310

S

Secagem 2, 4, 7, 8, 11, 58, 98, 107, 153, 260, 329

T

Titulação espectrofotométrica 6, 26, 28, 29

V

Voltametria 69, 309



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

A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)