



A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA QUÍMICA 2

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)



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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª 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
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª 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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
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 Miraniide 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 Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza 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 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/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 Fenomenología & 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 Lúvia 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 Sr(OH)₂-SrCO₃@CoFe₂O₄	
Pelry da Silva Costa	
Jussara Morais 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 CINEMATOGRÁFICAS

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 Cavania
Cristiana da Silva

DOI 10.22533/at.ed.70821220626

CAPÍTULO 27.....309

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO de Fe_3O_4/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 Joséfa 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

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

Data de aceite: 01/06/2021

Data da submissão: 17/05/2021

Carlos Taryk Bessa da Silva

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química,
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/6826490466797828>

Juliana Moreira Barreto

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química,
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/7292536612195509>

Paula Marcelly Alves Machado

Instituto Federal Fluminense, Campus Cabo Frio, Rio de Janeiro, RJ
<http://lattes.cnpq.br/5011065439508733>

Elizabeth Roditi Lachter

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química,
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/8688736650901616>

RESUMO: A queima de combustíveis fósseis leva a liberação de compostos como dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de enxofre (SO_x), óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado. Esse processo é um dos maiores responsáveis pela poluição do ar e chuva ácida. O principal problema das tecnologias tradicionais, como o processo de hidrodessulfurização (HDS), está relacionado

à dificuldade na transformação dos compostos orgânicos aromáticos sulfurados em outros menos prejudiciais ao ambiente. Além disso são necessárias condições de operação severas, que aumentam o custo do processo. Uma alternativa, para solucionar esse problema seria a oxidação e posterior remoção dos compostos sulfurados oxidados. O processo de dessulfurização oxidativa (ODS), que converte compostos de enxofre em sulfonas e sulfóxidos, os quais são posteriormente separados por processos físicos (extração com solventes), apresenta vantagens como condições reacionais mais brandas, maior eficiência na remoção de compostos sulfurados resistentes a hidrodessulfurização em processos HDS, e reaproveitamento dos produtos oxidados gerados. Por esta razão, neste trabalho foram sintetizados novos complexos de V, Nb e Mo com o ligante ácido 2-hidróxi- nicotínico (Hnic), que foram avaliados como catalisadores em reações do tipo ODS de oxidação do dibenzotiofeno. Dois complexos inéditos foram sintetizados, o complexo de nióbio, $(\text{NH}_4)_2[(\text{NbO}_2)_3(\text{Hnic})]$ e o complexo de vanádio, $[\text{VO}_2(\text{Hnic})(\text{H}_2\text{O})]$. As reações de oxidação do dibenzotiofeno foram conduzidas em acetonitrila como solvente, peróxido de hidrogênio como oxidante, à temperatura de 60°C empregando-se 1% de catalisador em relação ao substrato. O método de análise para quantificar a conversão do substrato em produtos de oxidação foi a cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (CG/FID). Os resultados mostraram que as conversões do dibenzotiofeno em sulfona obtidas foram: 33,4%, 61,5% e 66,4 %, nas reações catalisadas pelos complexos de Nb, V e Mo, respectivamente.

PALAVRAS - CHAVE: dessulfurização oxidativa, dibenzotiofeno, complexos, nióbio, vanádio.

OXIDATIVE DESULFURIZATION REACTION OF DIBENZOTHIOPHENE CATALYZED BY VANADIUM, NIOBIUM AND MOLIBDENIUM COMPLEXES

ABSTRACT: The combustion of fossil fuels leads to the emission of compounds such as carbon dioxide (CO_2), carbon monoxide (CO), sulfur oxides (SO_x), nitrogen oxides (NO_x) and particulate matter. That process is one of the main responsible for the pollution of the air and acid rain. A great problem with traditional technologies, such as the hydrodesulfurization process (HDS), is related to the difficulty in transforming organic sulfur containing aromatic compounds into others that are less harmful to the environment. Beside that severe operating conditions are required that increases the cost of the process. An alternative, to solve this problem, would be the oxidation and subsequent removal of these oxidized sulfur compounds. The oxidative desulfurization process (ODS), which converts sulfur compounds into sulfones and sulfoxides, which are subsequently separated by physical processes (solvent extraction), has advantages, such as milder reaction conditions, greater efficiency in the removal of hidrodesulfurization-resistant sulfur compounds through HDS process and reuse of the oxidized sulfur product generated. For this reason, in this work, new V, Nb and Mo complexes with the 2-hydroxy-nicotinic acid as ligand (Hnic) were synthesized, and the catalytic activity in dibenzothiophene oxidation ODS type reactions were evaluated. Two new complexes have been synthesized, the niobium complex, $(\text{NH}_4)_2[(\text{NbO}_2)_3(\text{Hnic})]$ and the vanadium complex, $[\text{VO}_2(\text{Hnic})(\text{H}_2\text{O})]$. The oxidation reactions of dibenzothiophene were carried out in acetonitrile as a solvent, hydrogen peroxide as an oxidizer, at a temperature of 60°C using 1% of catalyst in relation to the substrate. The method of analysis to quantify the conversion of the substrate into oxidation products was gas chromatography with a flame ionization detector (CG/FID). The results showed that the conversions of dibenzothiophene to sulfone were 33.4%, 61.5% and 66.4% the presence of Nb, V and Mo complexes, respectively.

KEYWORDS: oxidative desulfurization, dibenzothiophene, complexos, niobium, vanadium.

1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a indústria do petróleo tem se preocupado com um método de remoção de compostos sulfurados presentes na gasolina e óleo diesel, com o objetivo de produzir combustíveis mais limpos (GAO et al., 2021). Compostos sulfurados, presentes em combustíveis fósseis, são convertidos por combustão em SO_x e representam um dos maiores responsáveis pela poluição do ar e chuva ácida (GAO et al., 2021; BRAUN et al., 2003). Os óxidos de enxofre (SO_x), além de provocar problemas para o ambiente, causam corrosão e envenenamento de catalisadores em processos de refino. A remoção de enxofre no processo de hidrodessulfurização (HDS) elimina facilmente tióis, mercaptanas e dissulfetos, mas é menos efetiva para compostos sulfurados poliaromáticos como dibenzotiofeno (DBT) e seus derivados, especialmente o 4,6 aquil-DBT. Estes compostos apresentam impedimento estérico e sua reatividade frente a catalisadores é lenta. É necessário condições de operação severas que aumentam o custo

do processo (de SOUZA et al., 2009). Uma alternativa para solucionar este problema seria a oxidação e posterior remoção destes compostos sulfurados. Este processo se chama dessulfurização oxidativa (ODS) onde os compostos sulfurados, sulfetos e derivados de tiofeno, são oxidados a sulfóxidos ou sulfonas e posteriormente extraídos do diesel com solventes polares (WANG et al., 2003; JULIÃO et al. 2015; GONZALEZ, et al. 2016). As principais vantagens do processo de ODS são as condições de reação, isto é, pressão e temperaturas baixas e não utilizam hidrogênio, composto altamente inflamável que é usado no processo de hidrodessulfurização (HDS). Além disso o processo ODS torna possível oxidar compostos sulfurados poliaromáticos como o dibenzotiofeno (DBT) que não são removidos nos processos tradicionais. Complexos de metais de transição têm sido usados como catalisadores, em meio homogêneo para a oxidação de sulfetos na presença de peróxido de hidrogênio. O peróxido de hidrogênio é um agente oxidante interessante por que gera água como sub-produto, e torna o processo menos poluente.

Dentre os metais de transição mais estudados podemos destacar o vanádio (FLORIS et al.,2017) e o molibdênio (ROMANOWSKI et al., 2018). Complexos de vanádio salophen e vanádio salen foram utilizados como catalisadores em reação de ODS de dibenzotiofeno. Com o VO(salen) obteve-se conversão de 62% e com o VO (salophen) obteve-se conversão de 98% (FLORIS et al.,2017). Saeedi et al. (2018) avaliaram o complexo de vanádio na reação de oxidação do dibenzotiofeno, e nas condições empregadas, isto é, 2,5% molar do complexo, 1mmol de DBT, 5mmol de H₂O₂ à 70°C alcançou-se conversão total do substrato em sulfona.

Foi relatado na literatura que complexos de nióbio com ligantes contendo grupo carboxilato como o ácido nicotínico e aminoácidos oxidam compostos sulfurados a sulfóxidos e sulfonas (GOGOI et al.,2015).

Não foi encontrado na literatura consultada a avaliação de complexos de nióbio, vanádio e molibdênio contendo ligante derivado do ácido nicotínico na oxidação do dibenzotiofeno. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a atividade catalítica de complexos de V, Nb e Mo contendo o ácido 2-hidróxi- nicotínico como ligante, em reações de oxidação do dibenzotiofeno.

2 | PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Materiais

Acetona, Acetonitrila, o metanol e o peróxido de hidrogênio (30%) e molibdato de amônio foram adquiridos pela VETEC, o ácido 2-hidroxi-nicotínico, o metavanadato de sódio e o dibenzotiofeno foram adquiridos pela Aldrich, o óxido de nióbio foi gentilmente cedido pela Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM) o clorofórmio deuterado foi adquirido pela TEDIA. Os reagentes e solventes empregados no trabalho foram usados como recebidos.

2.2 Síntese do complexo de Vanádio

Um mmol (0,12 g) de uma suspensão de metavanadato de sódio, NaVO_3 , em metanol (10 ml) foi adicionada lentamente ao ligante ácido 2-hidroxicotínico (1 mmol, 0,14 g). A mistura foi aquecida sob refluxo (80°C) e agitada por 12 horas. Após, obteve-se um sólido verde, o qual foi lavado com etanol e filtrado à vácuo com funil de placa porosa (NICA et al., 2015).

2.3 Síntese do complexo de Molibdênio

Uma suspensão de 2 mmol (0,28 g) do ligante foi adicionada a uma solução aquosa de 5 ml de molibdato de amônio, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (1 mmol, 1,24 g). A solução resultante ficou sob refluxo (100°C) e agitação por 3 horas. Resultou-se em um sólido branco, que então foi filtrado à vácuo e lavado com acetonitrila quente (QUINTAL et al., 2001).

2.4 Síntese do complexo de Nióbio

O complexo de nióbio foi obtido a partir da reação de complexação do tetraperoxoniobato de amônio com o ligante ácido 2-hidroxi-nicotínico.

2.4.1 Síntese do tetraperoxoniobato de amônio

Um grama de ácido nióbico comercial, 25 ml de água destilada, 25 ml de H_2O_2 , em meio básico (6 ml de NH_4OH), foram agitados por 2 horas à temperatura ambiente. Com o término da agitação, adicionou-se à solução resultante 100 ml de acetona e formou-se imediatamente um sólido branco. O sólido foi filtrado à vácuo, lavado com acetona e seco ao ar (BAYOT et al, 2003).

2.4.2 Síntese do Complexo

Adicionou-se 0,20 g (1,44 mmol) de ligante em suspensão numa solução de metanol ao tetraperoxoniobato de amônio 0,39 g (1,44 mmol), mais 5 ml de água e 5 ml de peróxido de hidrogênio, sob agitação e temperatura ambiente. Depois de um tempo, a solução foi aquecida lentamente a fim de evaporar o solvente. Com o aumento da temperatura observou-se a formação de uma solução leitosa amarelada, que depois da adição de 50 ml de etanol, formou um precipitado. O complexo foi filtrado e lavado com acetona (BAYOT et al, 2003).

2.5 Reação de oxidação

As reações de oxidação com os complexos de V, Nb e Mo foram conduzidas em acetonitrila como solvente e na presença de peróxido de hidrogênio 30%v/v como agente oxidante. Variou-se a proporção molar substrato: peróxido de hidrogenio (1:1 e 1: 2), tempo de reação e temperatura (50°C e 60°C). Em um frasco adicionou-se 0,0645g ($7,68 \times 10^{-4}$ mmol) de DBT, peróxido de hidrogênio, o catalisador e completou-se o volume até 5mL

com acetonitrila. A reação ficou sob aquecimento em banho de água e agitação magnética constante. Após o tempo de reação desejado, separou-se o catalisador do meio reacional por centrifugação, e em seguida, retirou-se 50 µL do sobrenadante da reação, transferiu-se para um frasco de análise de cromatografia “vial” e adicionou-se 450 µL de solução de padrão interno (P.I.). As reações foram feitas em triplicata. A conversão do substrato em produtos de oxidação foi acompanhada por cromatografia gasosa.

2.5.1 Preparo da solução de padrão interno (P.I)

Utilizou-se como padrão interno antraceno e preparou-se uma solução em acetonitrila com uma concentração de 0,0025 mol.L⁻¹.

2.5.2 Preparo das soluções padrões para a análise quantitativa por cromatografia gasosa (curva de calibração)

Fez-se uma curva com 6 pontos, com as seguintes porcentagens de substrato: 100%, 75%, 50%, 25%, 1%, 0,1%, sendo o 100% de substrato correspondente a 0,07 mol.L⁻¹ de DBT. Cada ponto foi feito a partir de uma diluição do ponto anterior, em acetonitrila, em balão volumétrico de 10 mL, com exceção do ponto 6 que foi feito em balão volumétrico de 5 mL. O ponto 1 foi a solução inicial.

2.6 Métodos de Análise

A análise de infravermelho foi realizada em um espectrômetro de infravermelho com transformada de Fourier da marca Nicolet, modelo Magna-IR 6700. As amostras foram analisadas na região de 4000 a 400 cm⁻¹ sob forma de pastilha de KBr para os sólidos obtidos.

As análises elementares de C, H e N foram obtidas em um equipamento CHNS Flash EA 1112 Series, da marca Thermo, no Laboratório Multiusuário da USP.

As análises de conversão do substrato foram realizados por cromatografia gasosa. O cromatógrafo com detector por ionização de chama (FID) usado nas análises foi da marca Shimadzu, modelo 2014, localizado no Polo de xistoquímica/UFRJ. Utilizou-se a razão da área do substrato (DBT) pela área do padrão interno (P.I.) para calcular, pela equação da reta gerada pela curva de calibração, a porcentagem de conversão.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Síntese dos complexos

A reação do molibdato de amônio com ácido 2-hidroxi-nicotínico em água e refluxo resultou no complexo $(\text{NH}_4)_2[\text{Mo}_2\text{O}_6(\text{HnicO})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ com 35% de rendimento. A reação do tetraperoxonioabato de amônio com o ligante em água e peróxido de hidrogênio resultou no complexo $(\text{NH}_4)_2[(\text{NbO}_2)_3(\text{Hnic})]$ com 87% de rendimento. A complexação do vanádio

possibilitou a síntese do aqua complexo $[\text{VO}_2(\text{Hnic})(\text{H}_2\text{O})]$ com 50% de rendimento.

As estruturas foram propostas a partir das análises de infravermelho e análise elementar. Os complexos que teriam maior estabilidade quanto a formação de anéis com o metal central (no caso de todos os complexos propostos formaram anéis de 6 membros) foram propostos; analisou-se o número de oxidação do metal central do complexo com base no precursor (V^{5+} , Nb^{5+} , Mo^{6+}); e, ainda, verificou-se a quantidade de átomos ligados ao metal central além do grupo coordenante. Considerou-se complexos análogos aos que foram relatados na literatura para ligantes bidentados (MAURYA et al., 2017; QUINTAL et al., 2002; QUINTAL *et al.*, 2001). Assim, foi possível concluir que as prováveis estruturas dos complexos são as apresentadas na Figura 1.

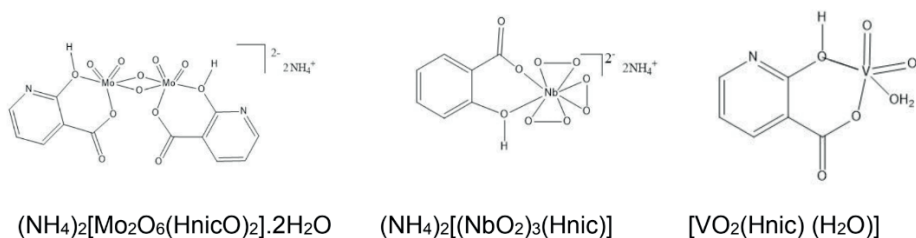


Figura 1- Estruturas propostas dos complexos.

3.2 Análise por Espectroscopia de Infravermelho e Análise Elementar de CHN

Os espectros na região do infravermelho (Figura 2) apresentaram bandas que confirmam a presença do ligante ácido 2-hidroxi-nicotínico como a banda referente ao estiramento das ligações C=C e C=N, presentes no anel aromático do ligante em 1573 cm^{-1} . Verificou-se que a banda referente ao estiramento da carbonila do ácido carboxílico, que no ligante é em 1743 cm^{-1} , foi deslocada para a faixa de 1600 cm^{-1} . Essa banda é característica de estiramento assimétrico do grupo funcional carboxilato, indicando a perda do hidrogênio ácido, sugerindo que houve complexação deste grupo com os metais centrais. No complexo de molibdênio a banda na faixa de $913\text{--}955 \text{ cm}^{-1}$ refere-se ao estiramento simétrico referente ao grupo MoO_2 e a banda na faixa de $876\text{--}915 \text{ cm}^{-1}$ refere-se ao estiramento assimétrico do grupo MoO_2 . No complexo de nióbio as bandas de 562 e 671 cm^{-1} confirmam a presença do centro metálico coordenado aos grupos peroxos, além da presença do próprio peróxido, cujo estiramento da ligação O-O pode ser atribuído a banda de 865 e 850 cm^{-1} (GOGOI et al., 2015). No complexo de vanádio duas bandas fortes relativas ao estiramento vibracional do VO_2 são observadas em 893 e 930 cm^{-1} (NICA et al., 2015). Os espectros na região do infravermelho dos três complexos obtidos estão apresentados na Figura 2.

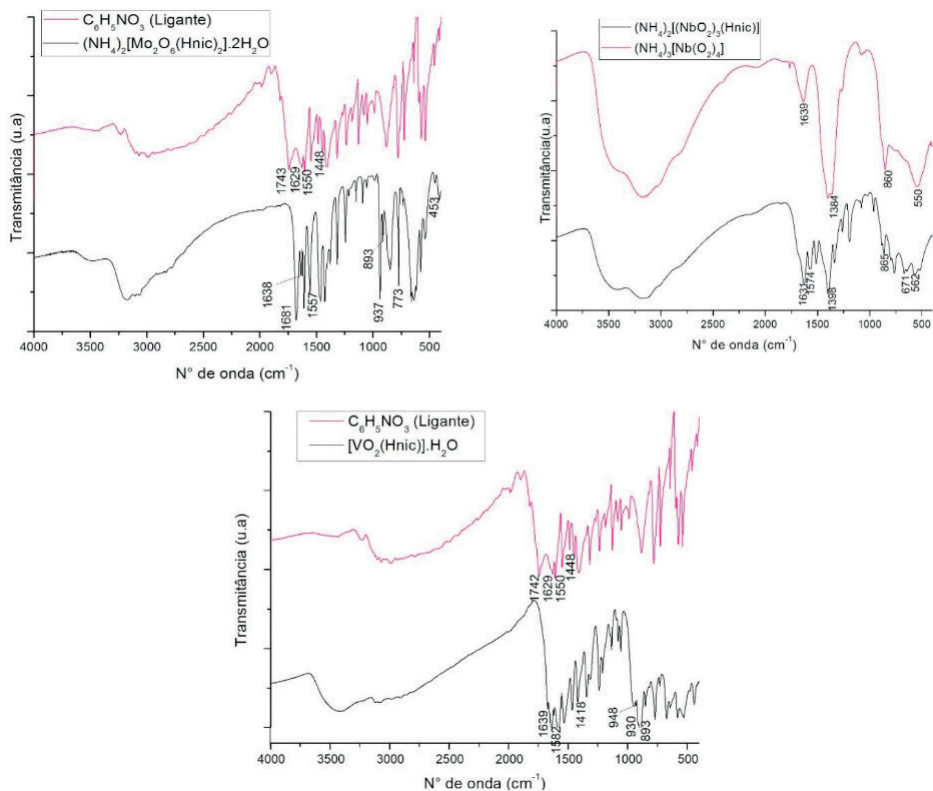


Figura 2 – Espectros de infravermelho dos complexos de Mo, Nb e V.

Os resultados de análise elemental (CHN) estão apresentados na Tabela 1.

Composto	Análise (%)		
	C	H	N
$(\text{NH}_4)_2[\text{Mo}_2\text{O}_6(\text{Hnic})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	22,8	2,5	8,7
	(22,8)	(2,8)	(8,8)
$(\text{NH}_4)_2[(\text{NbO}_2)_3(\text{Hnic})]$	19,8	3,3	11,6
	(19,9)	(3,3)	(11,5)
$[\text{VO}_2(\text{Hnic})(\text{OH})_2]$	29,8	2,1	5,7
	(30,1)	(2,5)	(5,8)

Tabela 1 - Resultados de CHN. Em parênteses os resultados teóricos das estruturas.

3.3 Resultados das reações de oxidação

As reações de oxidação do dibenzotiofeno catalisada pelos complexos de Nb, V e Mo foram conduzidas a temperatura de 50°C e 60°C. As razões molares substrato: peróxido de hidrogenio foram de 1:1 e 1:2. A conversão do dibenzotiofeno foi avaliada em função do tempo. Os resultados obtidos em duas horas de reação estão apresentados na Figura 3, 4 e 5.

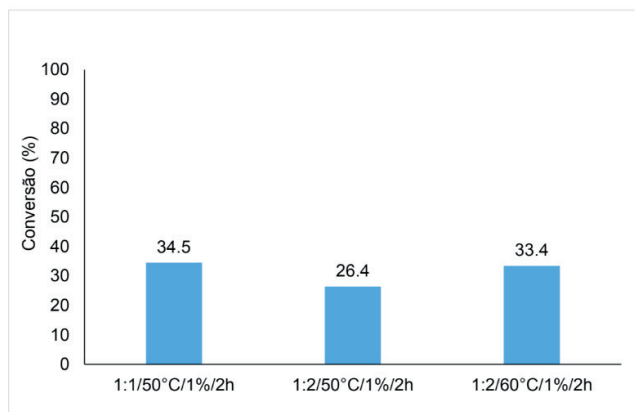


Figura 3- Conversão do dibenzotiofeno com catalisador de nióbio.

Nas reações catalisadas pelo complexo de nióbio as conversões foram inferiores a 35%. Mesmo quando se aumentou a temperatura de 50°C para 60°C.

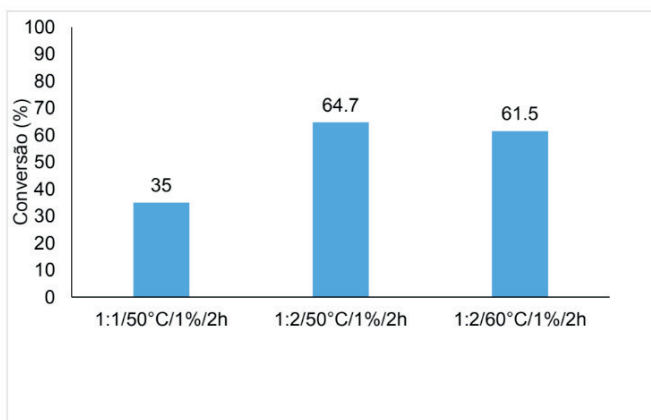


Figura 4- Conversão do dibenzotiofeno com catalisador de vanádio.

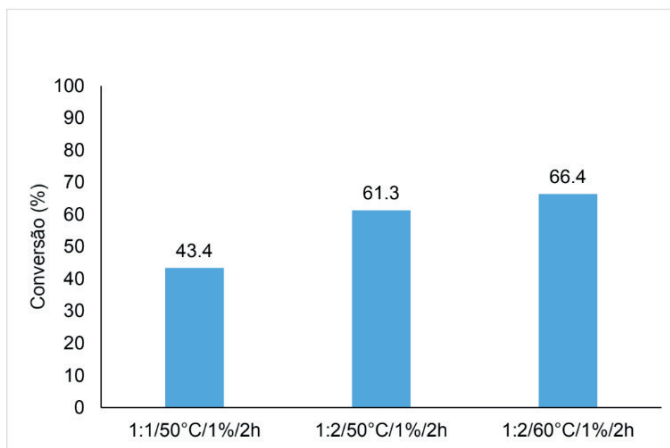


Figura 5- Conversão do dibenzotiofeno com catalisador de molibdênio.

No caso das reações catalisadas pelos complexos de vanádio e molibdênio verificou-se que um aumento na relação molar substrato oxidante e um aumento da temperatura levou a um aumento na conversão do dibenzotiofeno. Melhores resultados foram alcançados com o complexo de molibdenio.

4 | CONCLUSÃO

Neste trabalho foram sintetizados dois complexos inéditos, o complexo de vanádio, $[\text{VO}_2(\text{Hnic})(\text{H}_2\text{O})]$ e o complexo de nióbio, $(\text{NH}_4)_2[(\text{NbO}_2)_3(\text{Hnic})]$. Estes complexos foram avaliados pela primeira vez na reação de oxidação do DBT e apresentaram resultados promissores. Melhores resultados foram obtidos com o complexo de molibdenio devido provavelmente ao maior estado de oxidação deste metal.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a FAPERJ e ao CNPq, pelo auxílio financeiro. Ao Laboratório Multiusuário do Instituto de Química da UFRJ pelas análises de infravermelho, ao laboratório Multiusuário da USP pelas análises de CHN.

REFERÊNCIAS

BAYOT, D.; TINANT B.; DEVILLERS M. **Water-soluble niobium peroxo complexes as precursors for the preparation of Nb-based oxide catalysts.** *Catalysis Today*, v.78, e. 1-4, p.439-447, 2003.

BRAUN, S.; APPEL, L. G.; SCHMAL, M. **A poluição gerada por máquinas de combustão interna movidas à diesel - a questão dos particulados. Estratégias atuais para a redução e controle das emissões e tendências futuras.** *Quim. Nova*, v.27, p. 472-482, 2003.

CONTE, V.; FLORIS, B. **Vanadium and molybdenum peroxides: synthesis and catalytic activity in oxidation reactions.** DALTON TRANSACTION, v.40, e.7, p.1419-1436, 2011.

de SOUZA, W.F.; GUIMARÃES, I.R.; GUERREIRO, M. C.; OLIVEIRA, L.C.A. **Catalytic oxidation of sulfur and nitrogen compounds from diesel fuel.** Applied catalysis A- general, v.360, e.2, p.205-209, 2009.

FLORIS, B.; SABUZI, F.; COLETTI, A.; CONTE, V. **Sustainable vanadium-catalyzed oxidation of organic substrates with H₂O₂.** Catalysis today, v.285, p.49-56, 2017.

GAO, Y.; JULIA, D.; SILVA D.F.; DE CASTRO, B.; ZHAO, J.; BALULA S. S. **A simple desulfurization process to achieve high efficiency, sustainability and cost-effectivity via peroxotungstate catalyst.** Molecular Catalysis, v.505 n. 111515, 2021.

GOGOI, S. R.; BORUAH, J. J.; SENGUPTA, G.; SAIKIA, G.; AHMED, K.; BANIA, K. K.; ISLAM, N. S. **Peroxonio(V)-catalyzed selective oxidation of sulfides with hydrogen peroxide in water: a sustainable approach.** Catalysis Science & technology, v.5, e.1, p.595-610, 2015.

GONZALEZ, J.; CHEN, L.F.; WANG, J.A., MANRIQUEZ, M.; LIMAS, R.; SCHACHAT, P.; NAVARRETE, J.; CONTRERAS, J.L. **Surface chemistry and catalytic properties of VOX/Ti-MCM-41 catalysts for dibenzothiophene oxidation in a biphasic system.** Applied Surface Science, v.379, p.367-376, 2016.

JULIAO, D.; GOMES, A.C.; PILLINGER, M.; CUNHA-SILVA, L.; DE CASTRO, B.; I. S., GONÇALVES; BALULA, S.S. **Desulfurization of model diesel by extraction/oxidation using a zinc-substituted polyoxometalate as catalyst under homogeneous and heterogeneous (MIL-101(Cr) encapsulated) conditions.** Fuel Processing Technology, v.131, p.78-86, 2015.

MAURYA, M.R.; RANA L.; AVECILLA F. **Molybdenum complexes with a mu-O{MoO₂}₂ core: their synthesis, crystal structure and application as catalysts for the oxidation of bicyclic alcohols using N-based additives dagger.** New Journal of Chemistry, v.41, e.2, p.724-734, 2017.

NICA S., RUDOLPH M., LIPPOLD I., BUCHHOLZ A., GORLS H., PLASS W. **Vanadium (V) complex with schiff-base ligand containing a flexible amino side chain: Synthesis, structure and reactivity.** Journal of Inorganic Biochemistry, v.147, p.193-203, 2015.

QUINTAL, S.; NOGUEIRA, H.; CARAPUCA, H.; FELIX, V.; DREW, M. **Polynuclear molybdenum and tungsten complexes of 3-hydroxy-picolinic acid and the Crystal structures of ((Bu₄N)-Bu-n) (2) [Mo₄O₁₂(picOH)₂](2) and ((n)Hex(4)N) (2) [Mo₂O₆(picOH) (2)].** Journal of the Chemical society-dalton transactions, e.21, p.3196-3201, 2001.

QUINTAL, S.; NOGUEIRA, H.; FELIX, V.; DREW, M. **Coordination modes of 2-hydroxynicotinic acid in second- and third-row transition metal complexes.** Polyhedron, v.21, e.27-28, p.2783-2791, 2002.

ROMANOWSKI, G.; KIRA, J.; WERA, M. **Synthesis, structure, spectroscopic characterization and catalytic activity of chiral dioxidomolybdenum(VI) Schiff base complexes derived from R(-)-2-amino-1-propanol.** Inorganica chimica acta, v.483, p.156-164, 2018.

SAEEDI, R.; SAFAEI, E.; LEE, Y.; LUŽNIK, J. **Oxidation of sulfides including DBT using a new vanadyl complex of a non-innocent o-aminophenol benzoxazole based ligand.** Applied organometallic chemistry, v.33, e.3, n.e4781, 2019.

WANG, D.; QUIAN, E.W.; AMANO, H.; OKATA, K.; ISHIHARA, A.; KABE, T. **Oxidative desulfurization of fuel oil - Part I. Oxidation of dibenzothiophenes using tert-butyl hydroperoxide.** Applied catalysis A-General, v.253, e.1, p.91-99, 2003.

WANG, R.; ZHANG, G.; ZHAO, H. **Polyoxometalate as effective catalyst for the deep desulfurization of diesel oil.** Catalysis Today, v.149, p.117-121, 2010.

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
 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)