



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

Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^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 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 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 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

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

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 19/03/2021

Izabella Fernanda Ferreira Domingues

Universidade de Brasília (UnB), Instituto de Química (IQ)
Brasília – DF
<http://lattes.cnpq.br/2652209815365996>

Camila Santos Dourado

Universidade de Brasília (UnB), Instituto de Química (IQ)
Brasília – DF
<http://lattes.cnpq.br/5588311320196907>

Jez Willian Batista Braga

Universidade de Brasília (UnB), Instituto de Química (IQ)
Brasília – DF
<http://lattes.cnpq.br/1505814835374901>

Ana Cristi Basile Dias

Universidade de Brasília (UnB), Instituto de Química (IQ)
Brasília – DF
<http://lattes.cnpq.br/3878257500364079>

RESUMO: Polímeros molecularmente impressos (MIP) são adsorventes de alta seletividade bastante usados no preparo de amostras de matrizes complexas. Sua seletividade advém de sítios de interação específicos formados durante a complexação entre o analito e monômeros funcionais previamente à síntese. Para obtenção das melhores condições, foi realizado um

estudo para verificação da proporção molar entre sacarina (SAC) e o monômero híbrido ácido metacrílico-aminopropil-trietoxissilano por titulação espectrofotométrica. Com os dados obtidos e aplicação do MCR foi possível observar uma complexação em duas etapas e estimar a proporção MM-MF mais adequada. A constante de formação foi estimada em 4,76, o que indica alta estabilidade do complexo formado.

PALAVRAS - CHAVE: sacarina, MIP, titulação espectrofotométrica, quimiometria, MCR.

EVALUATION OF THE COMPLEXING BETWEEN SACCHARIN AND AN ORGANIC-INORGANIC MONOMER VIA TITRATION

ABSTRACT: Molecularly imprinted polymers (MIP) are highly selective adsorbents widely used in sample preparations. Its selectivity comes from specific interaction formed during the complexation between the analyte and functional monomers. To obtain the best synthesis conditions, the pre-polymerization complex between saccharin (SAC) and a hybrid monomer (methacrylic acid-aminopropyl-triethoxysilane) was evaluated by spectrophotometric titration. Through this study and the application of MCR, it was possible to observe a two-sites complexation and estimate the appropriate MM:MF molar ratio. The estimated formation constant was 4.76, which indicates high stability of the complex.

KEYWORDS: saccharin, MIP, spectrophotometric titration, chemometrics, MCR.

1 | INTRODUÇÃO

Polímeros molecularmente impressos (MIPs) são adsorventes específicos, de alta seletividade, muito aplicados na extração de compostos em matrizes complexas. Seu mecanismo primário se baseia na fixação de grupos funcionais do monômero funcional (MF) na rede polimérica que possui interações específicas com o analito de interesse (KUBO; OTSUKA, 2016). Para isso, o analito (molécula molde, MM) é misturado com os MF em uma solução, que resulta na formação de um complexo pré-polimerização (Figura 1). Este complexo deve ser bastante estável para que as ligações MM-MF permaneçam inalteradas durante a etapa seguinte de polimerização com um reagente de ligação cruzada. Com a formação da matriz polimérica sólida, a MM é extraída do polímero, resultando em cavidades tridimensionais com sítios específicos para esta molécula. Neste sentido, é importante que o MF possua muitos sítios disponíveis para interagir com a MM, sendo as ligações não covalentes, como as ligações de hidrogênio ($\Delta H = 5,0$ a $20,0 \text{ kJ mol}^{-1}$), as mais adequadas para uma eficiente extração posterior (YE, 2015; MAYES e WHITCOMBE, 2005). Assim, quanto mais fortes as ligações e maior o número de sítios de complexação, mais estável será o complexo, o qual promoverá uma alta especificidade e seletividade de separação na cavidade polimérica.

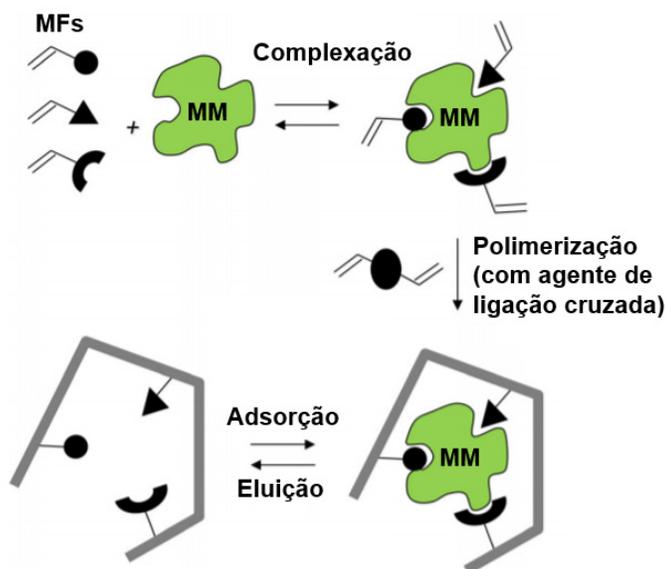


Figura 1 – Esquema genérico da síntese de MIP. Adaptado de Wan, Wagner e Rurack (2015).
MFs = monômeros funcionais, MM = molécula molde (analito de interesse).

Normalmente, para se estimar a proporção estequiométrica de MM:MF são utilizados métodos univariados, os quais sintetizam um MIP para cada proporção, seguido de todos os procedimentos envolvidos para obtenção das cavidades e capacidade adsorptiva, tais como a remoção da MM via solvente, evaporação dos solventes e a realização dos ensaios de adsorção da MM. Isso resulta em grande número de sínteses com alto consumo de reagentes, além da obtenção de resultados indiretos que são susceptíveis a uma grande incidência de erros sistemáticos, já que existem muitas variáveis experimentais (SHAHAR; TAL; MANDLER, 2016).

Técnicas espectroscópicas para avaliação da proporção MM:MF, como ressonância magnética nuclear e infravermelho já foram bastante utilizadas por volta da década de 1990. Dentre essas técnicas, a titulação complexométrica com detecção espectrofotométrica no UV foi uma das primeiras empregadas para verificar a estequiometria de complexação de MM:MF (ANDERSSON e NICHOLLS, 1997; LI e ROW, 2018; SVENSON *et al.*, 1998). Essa técnica consiste em titular uma alíquota de uma solução com concentração conhecida de MM (titulado) com uma solução de MF (titulante) e observar as variações nos espectros adquiridos após cada adição de alíquotas do titulante. O ponto final de equivalência é então estimado a partir da ausência de variação do espectro em um determinado comprimento de onda (LI; ROW, 2018; NICHOLLS *et al.*, 2001). Com os dados obtidos é possível estimar a constante de dissociação deste complexo, e, portanto, a estequiometria de formação (coordenação). Uma das vantagens dessa técnica é a possibilidade de se avaliar também o tipo de solvente usado na solução, uma vez que pode favorecer ou não as interações MM:MF (NICHOLLS *et al.*, 2001).

Entretanto, a estimativa do ponto de equivalência neste método tende a ser difícil, devido às diferentes absorvidades molares do analito, titulante e complexo, ainda mais quando se trabalha com monômeros funcionais híbridos de características orgânico-inorgânicas, considerados o ideal para matrizes aquosas (DOURADO *et al.*, 2021). Desta forma, as técnicas quimiométricas podem ser uma importante ferramenta para a resolução dos mecanismos de equivalência de complexação com maior exatidão e confiabilidade.

Nesse contexto, esse presente trabalho teve como objetivo avaliar a estabilidade do complexo formado e a proporção molar entre a sacarina (SAC) e o MF híbrido por meio da titulação espectrofotométrica e da aplicação da resolução multivariada de curvas (MCR).

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Equipamentos

- Espectrofotômetro UV-Vis, modelo: Cary 8454, Agilent;
- Sistema Peltier com controle de temperatura (10 a 120 °C) e agitação (40 a 1000 rpm), modelo 89090 A, Agilent;

- Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência, modelo LC-20 AD, composto por uma bomba de alta pressão, detector: PDA Flexar, alça de amostragem: 20 μL , software: Chromera 3.4.0 5712, Perkin Elmer;
- Cubeta de quartzo com tampa, volume 4,0 mL, Helma;
- Sistema reator com agitador em hélice, modelo Eurostar Werke digital, rotação (0 a 1200 rpm), IKA. Reator de vidro encamisado com capacidade de 500 mL e banho maria-criostato com recirculação, modelo 521 TD, Ethik technology.
- Agitador magnético (Modelo IKA-3581201);
- Banho de ultrassom (Ultra Cleaner 1450).

2.2 Reagentes químicos

Todos os reagentes utilizados nos procedimentos foram de grau analítico, da marca Sigma Aldrich. A MM e o MF estudado foram, respectivamente, SAC e o monômero-híbrido AMA-APTES, este último sintetizado de acordo com o procedimento descrito por Dourado *et al.* (2021).

2.3 Titulação espectrofotométrica

2,0 mL da solução de 0,1 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ SAC em acetonitrila foi titulada com uma solução de 0,9 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ de AMA-APTES. Foi adicionado 2,0 mL da solução de sacarina em uma cubeta de quartzo adaptada no Sistema Peltier sob agitação constante de 1000 rpm. Primeiramente, se adquiriu o espectro apenas da solução de SAC em 230 nm e iniciou-se as adições consecutivas das alíquotas de titulante. A aquisição do espectro foi realizada após 90 s da adição da alíquota do titulante, como forma de garantir o estabelecimento do equilíbrio químico. Esse procedimento foi realizado para todas as alíquotas adicionadas e prosseguiu-se até atingir o ponto final da titulação.

2.4 Resolução multivariada de curvas (MCR)

Em plataforma Matlab R-2017b, a análise por MCR foi feita na interface MCR-ALS *toolbox* e os números de componentes estimado por SVD foi 3 para a titulação com AMA-APTES. A estimativa inicial dos espectros foi realizada pelo método *Pure* e foi imposta a restrição de não negatividade nos espectros.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Titulação espectrofotométrica de complexação

A titulação clássica com detecção espectrofotométrica no UV foi capaz de fornecer bons resultados que permitiram confirmar a formação do complexo entre MM e MF e ainda, verificar a proporção estequiométrica adequada a partir do ponto de equivalência

(SVENSON *et al.*, 1998). Assim, utilizamos a acetonitrila como solvente, por atender melhor aos requisitos do método em termos de solubilidade, por ser um solvente aprótico e apresentar um espectro com menor interferência de visualização das bandas dos reagentes envolvidos. Dentre os aspectos do solvente para complexação, a ausência de liberação protônica é o aspecto que mais contribui para a formação de complexo (FIGUEIREDO; DIAS; ARRUDA, 2008).

As titulações foram conduzidas conforme o item 2.3 e a cada alíquota adicionada observou-se aumentos de absorbância na banda de 230 nm da SAC (Figura 2). Após estabilização desse sinal, as adições foram cessadas. Para a obtenção dos valores de absorbância em função da diluição da solução de SAC após cada adição de titulante, realizou-se a correção das absorbâncias pela equação 1.

$$A_{\text{corrigida}} = A \times \frac{V_{\text{inicial}} + V_{\text{adicionado}}}{V_{\text{inicial}}}$$

Equação 1. Correção da absorbância do produto em função do volume de titulante

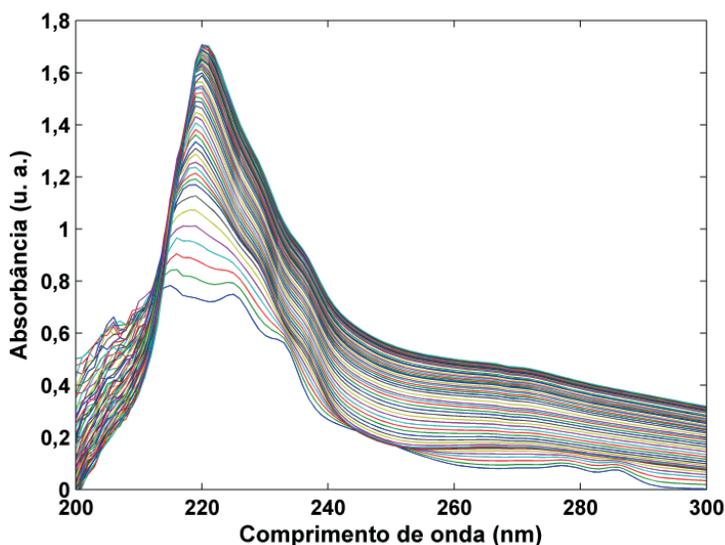


Figura 2. Espectros da titulação com AMA-APTES.

Com os dados de absorbância corrigidos para cada ponto, foi possível correlacionar com o número de mols de MF adicionado, obtendo-se a curva de titulação (Figura 3A). Para uma melhor visualização dos pontos finais, aplicou-se a primeira derivada (Figura 3B) e a segunda derivada (Figura 3C) onde foi possível identificar de forma mais precisa o ponto final. O ponto de inflexão forneceu uma regressão linear de $y = 18,10 x - 96,55$

e considerando $y = 0$, a proporção molar foi de 1,06 mol de SAC para 5,33 mol de AMA-APTES no último ponto de complexação. Assim, pode-se propor que a complexação ocorre em duas etapas, provavelmente em sítios distintos do monômero funcional, conforme podemos observar dois potenciais sítios de platô da isoterma de saturação (Fig. 3A) e nos resultados de primeira e segunda derivada.

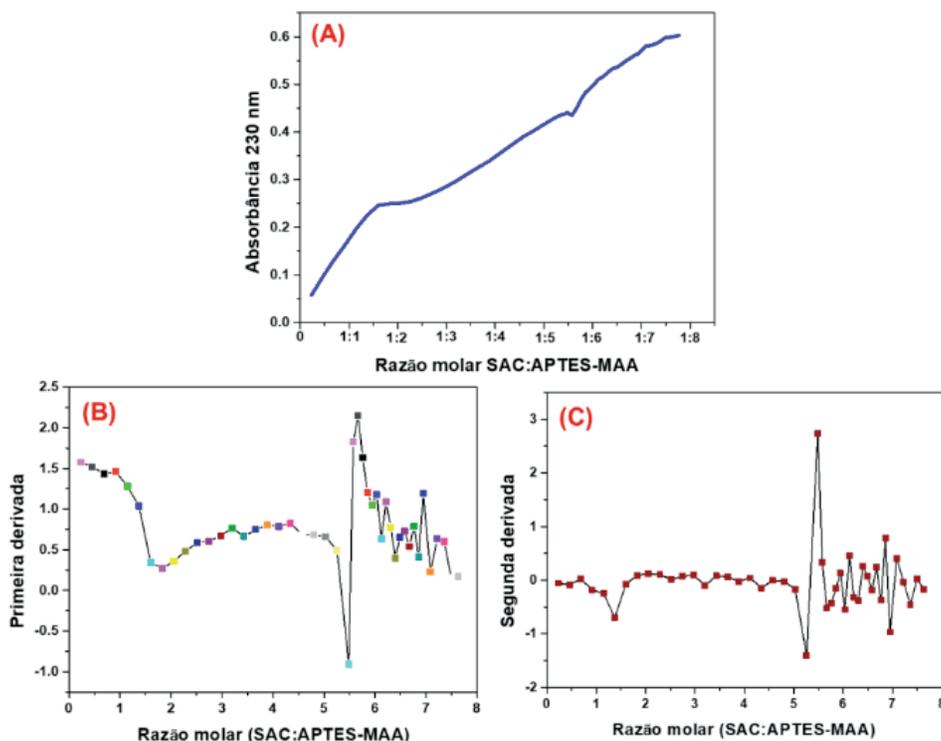


Figura 3. Curva de titulação da complexação entre a SAC e o AMA-APTES (A); (B) primeira derivada ($\Delta A / \Delta V$) e (C) segunda derivada ($\Delta^2 pH / \Delta V^2$) para determinação do PE da titulação da SAC com AMA-APTES.

Para a determinação das constantes de complexação (K_f) do produto formado, um gráfico de correlação (Figura 4) foi construído com o inverso do MF versus o inverso da concentração SAC:MF, obtendo-se uma correlação linear. A partir da equação linear gerada pode-se estimar o valor da constante de dissociação K_d ($1/K_f$) através da inclinação da reta $\left(\frac{1}{y}\right) = b + K_{ass}\left(\frac{1}{x}\right)$, em que y = concentração do AMA-APTES e x = razão das concentrações entre APTES-MAA e SAC. Obteve-se uma relação linear de $R^2 = 0,99$, $K_d = 0,21$ e constante de formação $K_f = 4,76$.

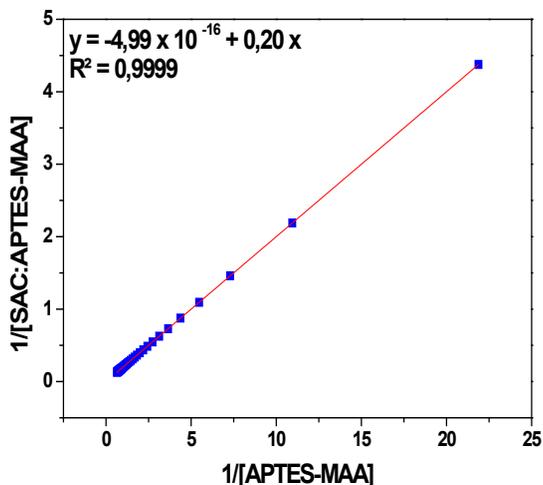


Figura 4. Regressão linear.

Como as três espécies químicas envolvidas no sistema em estudo possuem diferentes níveis de absorção no UV que poderiam interferir no resultado da titulação, foi empregada a técnica de MCR (resolução multivariada de curvas) para a identificação dos sinais analíticos responsáveis por cada componente na reação. Esse tipo de análise foi importante para verificar se houve interação e sobreposição de sinal na leitura de absorbância, que poderia levar a um resultado não fidedigno. A MCR é uma ferramenta quimiométrica de processamento de sinais analíticos que permite resolver mistura de sinais. Através de concentrações relativas, esses métodos recuperam os espectros puros presentes na matriz de sinais que podem ser atribuídos às espécies químicas envolvidas na reação. Assim, o modelo da MCR pode ser atribuído à equação 2 abaixo (JUAN; JAUMOT; TAULER, 2014):

$$\mathbf{D} = \mathbf{C}\mathbf{S}^T$$

Equação 2. Modelo MCR.

Em que **D** é a resposta analítica do instrumento, **C** é a matriz de concentração relativa e **S** é a matriz de espectros puros. Dessa forma, considerando os três componentes (Figura 5), pode-se observar um decréscimo da concentração da componente da SAC, o que sugere diminuição de sua concentração no meio devido a sua complexação pelo AMA-APTES, que foi comprovada pelo aumento das componentes atribuídas ao complexo. Observam-se duas linhas de complexação, que puderam ser atribuídas a dois pontos de complexação que sugerem em seus máximos estequiométricos na faixa de 1:2 - 1:8.

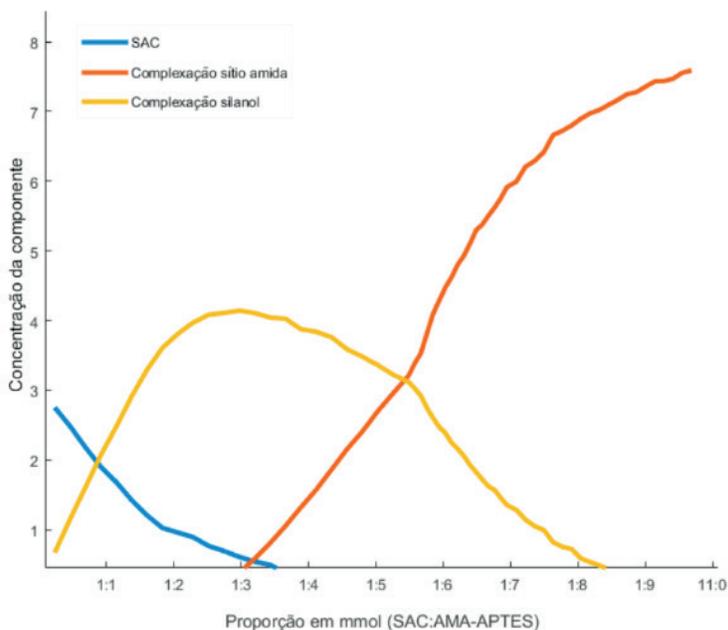


Figura 5. Perfis de concentração recuperados por MCR das três componentes estimadas.

Assim, esses dados indicam que a complexação pode ocorrer em duas etapas e dois sítios do MF, um referente ao grupo silanol e outro referente ao nitrogênio da amida, ilustrados na Figura 6, em que é possível visualizar os potenciais sítios de complexação. O ponto de intersecção entre as duas curvas referente às concentrações do complexo uma faixa de proporção MM-MF para se empregar na síntese do MIP e coincide com o ponto encontrado pela segunda derivada.

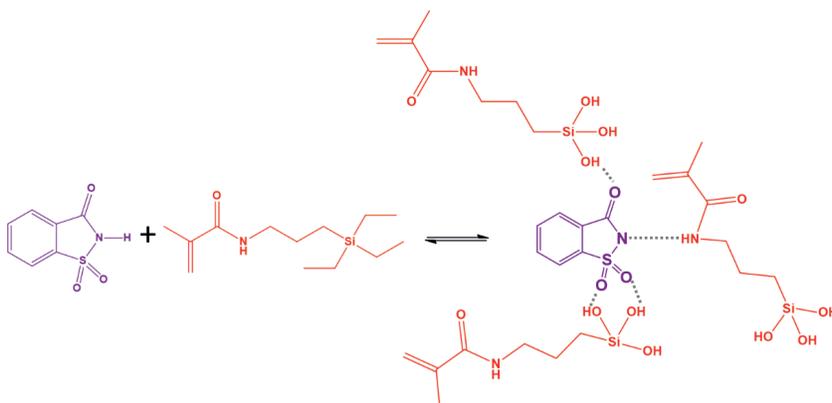


Figura 6. Indicação dos sítios de interação entre SAC e AMA-PTES.

Dessa forma, considerando os máximos estequiométricos obtidos, o polímero poderá ser sintetizado na faixa de 1:2 a 1:8, sendo o recomendado que a proporção seja um pouco maior do que a mínima, para que a reação ocorra de forma mais rápida e efetiva. Esses dados estão de acordo com a maioria dos trabalhos de síntese de MIP, onde o excesso de MF em comparação com a MM é o mais empregado.

4 | CONCLUSÕES

A titulação espectroscópica foi eficiente na avaliação do complexo pré-polimerização SAC-AMA-APTES, visto que possibilitou a determinação da estimativa de proporção molar e constante de formação de complexo, sugerindo favorável a complexação. Com a aplicação do MCR aos dados espectrofotométricos, verificou-se que os resultados foram similares, podendo então ser usada como ferramenta mais simples e eficaz para identificar o ponto de equivalência de complexação da SAC e reduzir os erros de subjetividade durante a inspeção visual e atribuição de regiões lineares do método convencional. Além disto, o MCR foi capaz de distinguir diferentes concentrações relativas com relação ao complexo formado, que permitiu visualizar uma possível complexação em etapas. Esta interpretação atribui um valor significativo para esta técnica, de modo a contribuir no desenvolvimento da ciência dos materiais impressos. Dessa forma, este trabalho apresentou uma ferramenta simples e de fácil aplicação preliminar à síntese dos MIPs, que reduz o tempo de bancada e consumo de reagentes.

REFERÊNCIAS

- ANDERSSON, H. S.; NICHOLLS, I. A. **Spectroscopic Evaluation of Molecular Imprinting Polymerization Systems**. *Bioorganic Chemistry*, v. 25, n. 3, p. 203-211, jun. 1997. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1006/bioo.1997.1067>.
- DOURADO, C. S. *et al.* **Determinação espectrofotométrica de ciclamato em águas superficiais mediante extração assistida por ultrassom e posterior derivatização química**. In: VOIGT, C. L. (org.). *Elementos de Química*. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. cap. 4, p. 33-39.
- DOURADO, C. S. *et al.* **Synthesis and evaluation of hybrid molecularly imprinted polymers for selective extraction of saccharin in aqueous medium**. *Journal Of Polymer Research*, v. 28, n. 2, p. 1-15, 11 jan. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10965-020-02402-z>.
- FIGUEIREDO, E.C.; DIAS, A.C.B.; ARRUDA, M. A. Zezzi. **Impressão molecular: uma estratégia promissora na elaboração de matrizes para a liberação controlada de fármacos**. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v. 44, n. 3, p. 361-375, set. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-93322008000300005>.
- JUAN, A.; JAUMOT, J.; TAULER, R. **Multivariate Curve Resolution (MCR). Solving the mixture analysis problem**. *Anal. Methods*, v. 6, n. 14, p. 4964-4976, 2014. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c4ay00571f>.

KUBO, T.; OTSUKA, K. **Recent progress for the selective pharmaceutical analyses using molecularly imprinted adsorbents and their related techniques: a review.** *Journal Of Pharmaceutical And Biomedical Analysis*, v. 130, n. 6, p. 68-80, out. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpba.2016.05.044>.

LI, G.; ROW, K. H. **Recent Applications of Molecularly Imprinted Polymers (MIPs) on Micro-extraction Techniques.** *Separation & Purification Reviews*, v. 47, n. 1, p. 1-18, 12 abr. 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15422119.2017.1315823>

MAYES, A.; WHITCOMBE, M. **Synthetic strategies for the generation of molecularly imprinted organic polymers.** *Advanced Drug Delivery Reviews*, v. 57, n. 12, p. 1742-1778, 6 dez. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.addr.2005.07.011>.

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **IT LABV 265: Quantificação de Edulcorantes (sacarina, ciclamato, aspartame e acessulfame de K) em Bebidas por CLAE.** Goiás: 2013. 6 p.

NICHOLLS, I. A. *et al.* **Can we rationally design molecularly imprinted polymers?** *Analytica Chimica Acta*, v. 435, n. 1, p. 9-18, maio 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0003-2670\(01\)00932-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0003-2670(01)00932-1).

SANG, Z. *et al.* **Evaluating the environmental impact of artificial sweeteners: a study of their distributions, photodegradation and toxicities.** *Water Research*, v. 52, p. 260-274, abr. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2013.11.002>.

SHAHAR, T.; TAL, N.; MANDLER, D. **Molecularly imprinted polymer particles: formation, characterization and application.** *Colloids And Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 495, p. 11-19, abr. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2016.01.027>

SODRÉ, F. F.; LOCATELLI, M. A. F.; JARDIM, W. F. **Sistema limpo em linha para extração em fase sólida de contaminantes emergentes em águas naturais.** *Química Nova*, v. 33, n. 1, p. 216-219, nov. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422010000100037>.

SPIVAK, D. **Optimization, evaluation, and characterization of molecularly imprinted polymers.** *Advanced Drug Delivery Reviews*, v. 57, n. 12, p. 1779-1794, 6 dez. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.addr.2005.07.012>.

SPOELSTRA, J.; SCHIFF, S. L.; BROWN, S. J. **Artificial Sweeteners in a Large Canadian River Reflect Human Consumption in the Watershed.** *Plos One*, v. 8, n. 12, p. e82706, 11 dez. 2013. Public Library of Science (PLOS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0082706>.

SVENSON, J. *et al.* **Spectroscopic studies of the molecular imprinting self-assembly process.** *Journal Of Molecular Recognition*, v. 11, n. 1-6, p. 83-86, dez. 1998.

SZATKOWSKA, P. *et al.* **Molecularly Imprinted Polymers' Applications: a short review.** *Mini-Reviews In Organic Chemistry*, v. 10, n. 4, p. 400-408, 31 dez. 2013. Bentham Science Publishers Ltd.. <http://dx.doi.org/10.2174/1570193x11310030016>.

WAN, W.; WAGNER, S.; RURACK, K. **Fluorescent monomers: "bricks" that make a molecularly imprinted polymer "bright".** *Analytical And Bioanalytical Chemistry*, v. 408, n. 7, p. 1753-1771, 27 nov. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00216-015-9174-4>.

YE, L. **Synthetic Strategies in Molecular Imprinting.** *Molecularly Imprinted Polymers In Biotechnology*, p. 1-24, 2015. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/10_2015_313.

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)