

Atena
Editora
Ano 2021

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2021

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^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^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. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
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. 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 Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

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

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

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

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

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T758 Trabalhos nas áreas de fronteira da química 2 / Organizador
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-822-9

DOI 10.22533/at.ed.229211202

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

CDD 540

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

APRESENTAÇÃO

O E-book intitulado: “Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química” é constituído por dezesseis trabalhos em forma de capítulos que abordam as diferentes áreas da química de forma intra e interdisciplinar, objetivando-se à melhoria da qualidade de vida. Esta coleção trouxe trabalhos que proporcionaram: (i) avaliar as propriedades químicas, físicas e biológicas de óleos essenciais, aromáticos e ácidos graxos extraídos de diferentes partes de plantas (folhas, cascas, tronco e caule) utilizadas na alimentação e que devido a suas propriedades nutricionais, aromáticas e terapêuticas constitui-se em uma área de extrema importância – a Química de produtos naturais; (ii) a eletroanalítica vem se desenvolvendo e aprimorando sensores (dispositivos) com propriedades para: monitorar e detectar substâncias em tempo real, com baixo custo operacional, fácil operação e com ampla aplicação (em especial, detecção e quantificação de contaminantes de interesse emergente em matrizes aquosas); (iii) aplicação de figuras de mérito em técnicas analíticas visando atestar a qualidade de alimentos; e (iv) princípios e contribuições do método QuEChERS e das técnicas de cromatográficas para o estabelecimento dos princípios norteadores da Química Verde em análises químicas; (v) a importância do monitoramento e detecção de metais tóxicos ou potencialmente tóxicos presentes em água e alimentos; (vi) aplicação de processos distintos de tratamento (osmose reversa e processos oxidativos avançados) para remoção de poluentes (corantes e fármacos) em águas de superfície, com o intuito de remover substâncias capazes de desencadear efeitos deletérios a biota aquática e seus organismos.

Neste contexto, a Atena Editora reuniu trabalhos selecionados por membros do corpo editorial que pudesse apresentar temas atuais e em constante discussão, reunindo na forma do E-book: “Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química”, neste volume II.

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

DETERMINAÇÃO DO PERFIL INORGÂNICO DE CHÁS DERIVADOS DA CAMELLIA SINENSIS

Ana Flávia Loureiro Martins Nascimento

Carlos Guilherme Tissi Batista

Cibele Maria Stivanin de Almeida

DOI 10.22533/at.ed.2292112021

CAPÍTULO 2..... 14

INFLUÊNCIA DA IDADE, HABITAT E TÉCNICA DE EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Psidium myrtoides* O. Berg

Alline Laiane Borges Dias

Cassia Cristina Fernandes

Mayker Lazaro Dantas Miranda

DOI 10.22533/at.ed.2292112022

CAPÍTULO 3..... 24

EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DA CANELA EM CASCA EM SISTEMAS AQUOSOS E ORGÂNICOS VISANDO A OBTENÇÃO DE CINAMALDEÍDO

Adriana da Veiga Torres

Juliana Baptista Simões

DOI 10.22533/at.ed.2292112023

CAPÍTULO 4..... 34

ÁCIDOS GRAXOS VEGETAIS: COMPOSIÇÃO QUÍMICA, ATIVIDADE BIOLÓGICA E POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO

Luana Cristina Diniz Santos

Luciana Alves Rodrigues dos Santos Lima

Ana Hortência Fonseca Castro

DOI 10.22533/at.ed.2292112024

CAPÍTULO 5..... 43

SÍNTESE ELETROQUÍMICA DE ELETRODOS DE CARBONO VÍTREO MODIFICADO COM FILMES DE HEXACIANOFERRATO DE METAIS E ATIVIDADE PARA DETECÇÃO DE COMPOSTOS SULFURADOS

Maria de Lourdes Soprani Vasconcellos

Edervaldo Buffon

Demetrius Profeti

Luciene de Paula Roberto Profeti

DOI 10.22533/at.ed.2292112025

CAPÍTULO 6..... 56

LÍQUIDO IÔNICO PRÓTICO PARA A CONSTRUÇÃO DE SENSOR ELETROQUÍMICO APLICADO NA DETECÇÃO DE PESTICIDA

José Fernando de Macedo

Anderson Alex Conceição Alves

Mércia Vieira da Silva Sant'Anna
Michael Douglas Santos Monteiro
José Carlos dos Santos Junior
Jonatas de Oliveira Souza Silva
José Felipe dos Santos
Pedro Rafael da Cruz Almeida
Frederico Guilherme de Carvalho Cunha
Eliana Midori Sussuchi

DOI 10.22533/at.ed.2292112026

CAPÍTULO 7..... 72

DETECÇÃO DE CIPROFLOXACINA APLICANDO UM SENSOR ELETROQUÍMICO À BASE DE DERIVADO DO GRAFENO E LÍQUIDO IÔNICO

Anderson Alex Conceição Alves
Michael Douglas Santos Monteiro
Pedro Rafael da Cruz Almeida
Jonatas de Oliveira Souza Silva
José Carlos dos Santos Junior
Jose Fernando de Macedo
Mércia Vieira da Silva Sant'Anna
Lucas dos Santos Lima
José Felipe dos Santos
Eliana Midori Sussuchi

DOI 10.22533/at.ed.2292112027

CAPÍTULO 8..... 85

BIOCARVÃO ATIVADO E ÓXIDO DE GRAFENO REDUZIDO APLICADOS EM SENSOR ELETROQUÍMICO PARA A DETERMINAÇÃO DE PARAQUATE

Mércia Vieira da Silva Sant'Anna
Ava Gevaerd
Jonatas de Oliveira Souza Silva
Lucas dos Santos Lima
José Fernando de Macedo
Michael Douglas Santos Monteiro
Alberto Wisniewski Jr
Márcio Fernando Bergamini
Eliana Midori Sussuchi

DOI 10.22533/at.ed.2292112028

CAPÍTULO 9..... 99

PREPARAÇÃO ELETROQUÍMICA DE NANOBASTÕES DE Co-Ni POR MEMBRANAS DE POLICARBONATO

Bruna Maria Rodrigues Gonçalves
Elton Patrick Barbano

DOI 10.22533/at.ed.2292112029

CAPÍTULO 10..... 112

PREPARAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO ELETROQUÍMICA E APLICAÇÃO DE ELETRODOS

MODIFICADOS COM FILMES HÍBRIDOS DE HEXACIANO FERRATO DE METAIS

Edervaldo Buffon

Maria de Lourdes Soprani Vasconcellos

Demetrius Profeti

Luciene de Paula Roberto Profeti

DOI 10.22533/at.ed.22921120210

CAPÍTULO 11..... 128

EFEITO DE MATRIZ E FIGURAS DE MÉRITO NA DETERMINAÇÃO DE ELEMENTOS METÁLICOS EM QUEIJO DE MINAS ARTESANAL POR ESPECTROMETRIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA DE CHAMA

Emanueli do Nascimento da Silva

Tercio Paulo Felix Xisto

Ana Carolina Ferreira Castelo Borges

Emylle Emediato Santos

Roberta Eliane Santos Froes

DOI 10.22533/at.ed.22921120211

CAPÍTULO 12..... 140

CONTRIBUIÇÃO DO MÉTODO QuEChERS E DAS TÉCNICAS CROMATOGRÁFICAS PARA CONSOLIDAR OS PRINCÍPIOS DA QUÍMICA VERDE EM ANÁLISES QUÍMICAS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

DOI 10.22533/at.ed.22921120212

CAPÍTULO 13..... 153

BIOACESSIBILIDADE DE ELEMENTOS TRAÇOS ESSENCIAIS E POTENCIALMENTE TÓXICOS

Wagna Piler Carvalho dos Santos

Rita Maria Weste Nano

Daniele Cristina Muniz Batista dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.22921120213

CAPÍTULO 14..... 167

METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS E SEUS IMPACTOS NA ÁGUA E NOS ALIMENTOS: UM OLHAR PARA A LITERATURA

Geilson Rodrigues da Silva

Hygor Rodrigues de Oliveira

João Vítor de Andrade dos Santos

Jussara de Oliveira Ferreira

Daniely Alves de Souza

Angela Kwiatkowski

Ramon Santos de Minas

Mariana Messias Soares

Mariane Ocanha

DOI 10.22533/at.ed.22921120214

CAPÍTULO 15..... 178

SIMULAÇÃO DE UM SISTEMA DE OSMOSE DIRETA: ALTERAÇÃO DA COR E

CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE UMA SOLUÇÃO DE CORANTE UTILIZANDO-SE UMA MEMBRANA PERMEÁVEL DE ACETATO DE CELULOSE

Ani Caroline Weber
Sabrina Grando Cordeiro
Bruna Costa
Aline Botassoli Dalcorso
Gabriela Vettorello
Aline Viana
Elisete Maria de Freitas
Eduardo Miranda Ethur
Lucélia Hoehne

DOI 10.22533/at.ed.22921120215

CAPÍTULO 16..... 184

COMPARAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE FÁRMACOS EM ÁGUAS SUPERFICIAIS POR PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Ivo Amildon Ricardo
Eduardo Oliveira Marson
Vinicius Alexandre Borges de Paiva
Alam Gustavo Trovó

DOI 10.22533/at.ed.22921120216

SOBRE O ORGANIZADOR..... 198

ÍNDICE REMISSIVO..... 199

CAPÍTULO 6

LÍQUIDO IÔNICO PRÓTICO PARA A CONSTRUÇÃO DE SENSOR ELETROQUÍMICO APLICADO NA DETECÇÃO DE PESTICIDA

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 16/01/2020

José Fernando de Macedo

Universidade Federal de Sergipe
Programa de Pós-Graduação em Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/3720990598641830>

Anderson Alex Conceição Alves

Universidade Federal de Sergipe
Programa de Pós-Graduação em Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/3685247328156156>

Mércia Vieira da Silva Sant'Anna

Universidade Federal de Sergipe
Programa de Pós-Graduação em Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/7763110962253466>

Michael Douglas Santos Monteiro

Universidade Federal de Sergipe
Programa de Pós-Graduação em Química
São Cristóvão - Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/8097104264702877>

José Carlos dos Santos Junior

Universidade Federal de Sergipe
Programa de Pós-Graduação em Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/3580411959645679>

Jonatas de Oliveira Souza Silva

Universidade Federal de Sergipe
Departamento de Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/1361657720395265>

José Felipe dos Santos

Universidade Federal de Sergipe
Departamento de Química
<http://lattes.cnpq.br/5234169420338145>

Pedro Rafael da Cruz Almeida

Universidade Federal de Sergipe
Departamento de Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/2947906108380906>

Frederico Guilherme de Carvalho Cunha

Universidade Federal de Sergipe
Departamento de Física
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/4243799246537777>

Eliana Midori Sussuchi

Universidade Federal de Sergipe
Departamento de Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/8137586721918798>

RESUMO: Neste trabalho, é apresentado o desenvolvimento de um eletrodo modificado para a determinação do fungicida carbendazim (CBZ), amplamente utilizado em diversas culturas agrícolas no Brasil. O eletrodo modificado com o líquido iônico prótico acetato de 2-hidroxiethylamônio (EPC/2-HEAA) apresentou maior sensibilidade, quando comparado ao eletrodo não modificado. A Voltametria de Pulso Diferencial (VPD) foi utilizada em condições eletroquímicas otimizadas, indicando que o sensor proposto apresenta uma Resposta Linear Dinâmica (DLR) na faixa de 9,98 a 476,20 nmol L⁻¹, com limites de detecção e quantificação de

1,69 nmol L⁻¹ e 5,63 nmol L⁻¹, respectivamente. O estudo de repetibilidade mostrou um desvio padrão relativo (RSD) = 5,96% e o estudo de reprodutibilidade apresentou RSD = 5,63%. O sensor desenvolvido foi aplicado com sucesso para a determinação de CBZ em uma amostra de suco de uva integral enriquecido, sem necessidade de laboriosos procedimentos de pré-tratamento da amostra. O nível de recuperação obtido foi de 100,6%, demonstrando que não houve efeito matriz significativo da amostra. O método proposto indicou uma excelente performance eletroquímica do sensor modificado com líquido iônico para a determinação de carbendazim.

PALAVRAS-CHAVE: Líquido iônico prótico; Eletrodo modificado; Carbamatos; Suco de uva.

PROTIC IONIC LIQUID FOR THE CONSTRUCTION OF ELECTROCHEMICAL SENSOR APPLIED IN PESTICIDE DETECTION

ABSTRACT: In this work presents the development of a modified electrode for the determination of the fungicide carbendazim (CBZ), widely used in several agricultural crops in Brazil. The electrode modified with the protic ionic liquid 2-hydroxyethylammonium acetate (EPC/2-HEAA) showed greater sensitivity when compared to the unmodified electrode. The Differential Pulse Voltammetry (VPD) was used under optimized electrochemical conditions, indicating that the proposed sensor has a Dynamic Linear Response (DLR) in the range 9.98 to 476.20 nmol L⁻¹, with detection and quantification limits of 1.69 nmol L⁻¹ and 5.63 nmol L⁻¹, respectively. The repeatability study (standard deviation) showed RSD = 5.96% and the reproducibility study showed RSD = 5.63%. The developed sensor was successfully applied for the determination of CBZ in a sample of enriched whole grape juice, without the need for laborious pretreatment procedures of the sample. The level of recovery obtained was 100.6%, demonstrating that there was no significant matrix effect on the sample. The proposed method indicated an excellent electrochemical performance of the sensor modified with ionic liquid for the determination of carbendazim.

KEYWORDS: Protic ionic liquid; Modified electrode; Carbamates; Grape juice.

1 | INTRODUÇÃO

Líquidos iônicos (LI) são compostos puramente iônicos que apresentam um ponto de fusão abaixo de 100 °C (HAYES *et al.*, 2015; GREAVES & DRUMMOND, 2015) that is, where liquids are used as solvents.^{2,3} The solvent is the (excess. A subclasse de líquidos iônicos próticos (LIP) é formada pela transferência de prótons entre ácidos e bases de Brønsted (GREAVES & DRUMMOND, 2015). O que diferencia os LIP de outras classes de LI é a presença do próton no cátion do LIP, o qual mantém o LIP em equilíbrio com os precursores - ácido e base de Brønsted (GREAVES & DRUMMOND, 2015; HAYES *et al.*, 2015) that is, where liquids are used as solvents.^{2,3} The solvent is the (excess. As rotas de síntese para a produção de líquidos iônicos próticos são simples e de baixo custo. Além disso, suas propriedades físico-químicas, como baixa toxicidade e biodegradabilidade fizeram com que os líquidos iônicos próticos venham sendo mais investigados nos últimos anos (HAYES *et al.*, 2015).

O acetato de 2-hidroxi-etilamônio (2-HEAA) já foi proposto para várias aplicações na literatura. Alguns estudos avaliaram o 2-HEAA como solvente para a extração de ficobiliproteínas e alcaloides (RODRIGUES *et al.*, 2018, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2018) e solvente para a solubilização dos biopolímeros (DIAS *et al.*, 2020), além de auxiliar no fracionamento da biomassa no pré-tratamento do bagaço de cana-de-açúcar (ROCHA *et al.*, 2017). O 2-HEAA também foi proposto como um meio para separar a mistura azeotrópica isopropanol-água (BOLI, *et al.*, 2018), como solvente para soluções precursoras na síntese de ânodos de titânio aplicados aos sistemas de tratamento de águas residuais (SANTOS *et al.*, 2018), na síntese de nanopartículas magnéticas Fe_3O_4 e na preparação de derivados de piridina, atuando como material de suporte para o catalisador Fe_3O_4 -2-HEAA (SOBHANI *et al.*, 2018). Em uma gama mais ampla de aplicações, também foi usado como catalisador na síntese de compostos com atividades potencialmente biológicas e farmacológicas (SHI *et al.*, 2018).

Devido à sua alta condutividade, estabilidade eletroquímica e térmica, os líquidos iônicos são uma alternativa potencial e viável para serem usados como modificadores de eletrodos, como evidenciado por alguns estudos que investigaram líquidos iônicos hidrofóbicos e apróticos (MACFARLANE *et al.*, 2014; ĐORĐEVIĆ *et al.*, 2017). A literatura descreve a aplicação de outros líquidos iônicos como modificadores de eletrodos para a detecção de espécies contaminantes utilizando técnicas eletroquímicas (SHIDDIKY *et al.*, 2011; OPALLO & LESNIEWSKI, 2011; ABO-HAMAD, *et al.*, 2016). De acordo com buscas realizadas em plataformas de pesquisa, a aplicação do 2-HEAA em eletrodos ainda não foi realizada.

O pesticida metil-2-benzimidazole-carbamato (Carbendazim - CBZ) é classificado como poluente devido à sua persistência em diversas culturas de alimentos, solo e águas residuais (MAXIMIANO *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2014). Em 2017, o Brasil foi considerado um dos maiores consumidores mundiais de CBZ, com uma importação média de 4,5 milhões de toneladas (GLOBAL CROPPROTECTION, 2018). Este pesticida tem uma ação fungicida e é atualmente utilizado em diversas culturas de alimentos, incluindo frutas cítricas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019). É classificado como moderadamente tóxico pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), sendo absolutamente necessário o monitoramento dos resíduos de CBZ (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019).

Os métodos atuais de monitoramento empregam técnicas como a cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massas, que tem custos elevados de solventes orgânicos e tempo de preparo de amostra (LEE *et al.*, 2018; WANG *et al.* 2019). Em contrapartida, as técnicas eletroquímicas têm vantagens como baixo custo, respostas rápidas, alta sensibilidade, simplicidade de interpretação de dados e a possibilidade de realizar análises sem pré-tratamento das amostras complexas (MAXIMIANO *et al.*, 2018; BAKIRHAN *et al.*, 2018). Diferentes materiais como zeólitas (MAXIMIANO *et al.*, 2018), nanofolhas de grafeno (WEI *et al.*, 2018), nanotubos de carbono (LIAO *et al.*, 2019), óxido

de grafeno reduzido (SANTANA *et al.*, 2019; TIAN *et al.*, 2019), entre outros, já foram utilizados para modificação de eletrodos e aplicados na detecção de CBZ. Este trabalho descreve a síntese e aplicação do líquido iônico acetato de 2-hidroxietilamônio como um modificador de eletrodo para o desenvolvimento de um sensor eletroquímico para a determinação de carbendazim em amostras de suco de uva.

2 | EXPERIMENTAL

2.1 Materiais

Pó de grafite (C), óleo mineral (nujol) e carbendazim ($C_9H_9N_3O_2$) foram obtidos da Sigma Aldrich[®]. Monoetanolamina ($NH_2CH_2CH_2OH$ 99,8%), ácido acético glacial (CH_3COOH 99,8%) e ácido bórico (H_3BO_3 99,5%) foram obtidos da Neon[®]. Ácido fosfórico (H_3PO_4 98,0%) e hidróxido de sódio (NaOH 98,0%) foram obtidos da Dinâmica[®]. O suco de uva foi obtido comercialmente no mercado local e possui a seguinte composição: água, polpa de uva, açúcar, ácido cítrico, aroma natural e ácido ascórbico. Todas as soluções foram preparadas usando os reagentes sem purificação adicional e a água ultrapura foi obtida de um sistema Milli-Q[®].

2.2 Síntese de acetato de 2-hidroxietilamônio (2-HEAA)

A síntese do líquido iônico seguiu a metodologia descrita por Alvarez *et al.* (ALVAREZ *et al.*, 2011). A monoetanolamina (0,14 mol) foi adicionada a um balão de fundo redondo de 50,00 mL equipado com condensador de refluxo, termômetro e funil de bromo contendo ácido acético concentrado (0,15 mol) que foi adicionado lentamente à solução por cerca de 40 minutos sob constante agitação magnética. O balão foi montado em um banho de gelo, onde a temperatura era continuamente e cuidadosamente controlada para ser mantida dentro da faixa de 20-25 °C por 24 horas. Após esse período, obteve-se um líquido viscoso amarelo escuro. Para reduzir a quantidade de água e o excesso de reagentes precursores, o produto foi levado ao rotavapor a 90 °C e, em seguida, armazenado em frasco âmbar sob refrigeração a 4 °C. Processos adicionais de purificação não foram considerados necessários, com base na literatura para aplicação de LI em eletrodos (OLIVEIRA *et al.*, 2015; OPALLO & LESNIEWSKI, 2011). O líquido iônico obtido foi caracterizado por espectroscopia vibracional na região infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), utilizando um espectrofotômetro VARIAN 640-IR no modo de reflexão total atenuada (ATR) com resolução de 4 cm^{-1} . Os espectros Raman foram obtidos utilizando um espectrômetro dispersivo Bruker Optik GmbH Senterra usando o laser de 785 nm e intensidade do feixe de 100 mW, com um tempo de integração de 30 segundos.

2.3 Solução padrão de carbendazim

Uma solução estoque do CBZ (1,0 mmol L⁻¹) foi preparada dissolvendo o padrão

sólido em 50,00 mL de acetonitrila/tampão Britton-Robinson (pH 2,0) na proporção de 1:9 (v/v). Outras soluções de CBZ foram preparadas por diluição.

2.4 Eletrodos

O eletrodo de pasta de carbono não modificado (EPC) foi preparado pela mistura de pó de grafite e óleo mineral com uma razão de 7:3 (m:m) e foi utilizado para comparação. O eletrodo modificado (EPC/2-HEAA) foi preparado pela mistura de pó de grafite, óleo mineral e líquido iônico na proporção de 7:2:1 (m/m/m) razão em massa. Os componentes da pasta foram homogeneizados manualmente por 20 minutos. Posteriormente, a pasta foi introduzida em um tubo de polipropileno ($\Phi = 4,8$ mm), e para contato elétrico foi utilizado um fio de cobre ($\Phi = 3,0$ mm). Após cada análise, o eletrodo foi polido manualmente usando uma superfície plana do papel filtro.

2.5 Análises eletroquímicas

Os experimentos eletroquímicos foram realizados utilizando um Potentiostat/Galvanostat PGSTAT 100N da Metrohm Autolab controlado pelo software NOVA 2.1.3. Foi utilizada uma célula eletroquímica de três eletrodos com capacidade de 10,00 mL. Os eletrodos EPC e EPC/2-HEAA foram utilizados como eletrodos de trabalho, um fio de platina foi usado como um eletrodo auxiliar, e o eletrodo Ag/AgCl/KCl ($3,0 \text{ mol L}^{-1}$) como referência. A técnica de Voltametria de Pulso Diferencial (VPD) foi utilizada para investigar os parâmetros instrumentais para a construção de um método analítico para a determinação de CBZ. A metodologia de escolha seguiu a estratégia *ex-situ* (SANT'ANNA *et al.*, 2020), que consistia em uma etapa inicial de pré-concentração do analito apenas em circuito aberto. Outra célula, contendo somente o eletrólito suporte foi utilizada para a etapa de leituras voltamétrica. Uma solução de $10,00 \mu\text{mol L}^{-1}$ de CBZ em tampão BR ($0,15 \text{ mol L}^{-1}$) foi utilizada durante a otimização da faixa de pH (2,0 a 8,0), a variação do tempo de pré-concentração (0 a 900 s) e para o ajuste dos parâmetros da técnica: velocidade de varredura, tempo de pulso e amplitude de pulso. Os valores otimizados para os parâmetros estudados foram usados para a construção da curva analítica com intervalo de concentração de CBZ de 9,98 a $476,20 \text{ nmol L}^{-1}$. As medições foram realizadas em triplicata ($n = 3$) e foram determinados os desvios padrão. Os voltamogramas de pico anódico foram submetidos à correção da linha de base utilizando o *software* NOVA 2.1.3 e foram consideradas as intensidades máximas de pico anódico. Os limites de detecção (LOD) e quantificação (LOQ) foram calculados considerando o desvio padrão (Sd) de 10 medições de solução do eletrólito de suporte. Esses parâmetros foram obtidos mediante a montagem de uma curva relacionando a intensidade de corrente média de pico anódico em função das concentrações de carbendazim adicionadas: I_{PA} vs. C_{CBZ} . As relações matemáticas utilizadas foram: $\text{LOD} = 3 (S_d/b)$ e $\text{LOQ} = 10 (S_d/b)$ onde b é a inclinação dos gráficos de I_{PA} vs C_{CBZ} .

A precisão do método foi avaliada pela repetibilidade e reprodutibilidade do eletrodo na presença de $0,05 \mu\text{mol L}^{-1}$ do CBZ em tampão BR pH 6,0. O estudo de repetibilidade foi avaliado com um único EPC/2-HEAA, seis medidas foram feitas com renovação da superfície de eletrodo em cada medição. Enquanto para a reprodutibilidade, seis eletrodos foram usados com uma única leitura de cada um. No estudo da seletividade de eletrodo, algumas espécies nitrogenadas (carbaril, methyl parathion, fenamiphos, paraquat e ametrin) e os sais de cloreto de cálcio e magnésio foram avaliados como possíveis interferentes no sinal voltamétrico de CBZ. O estudo avaliou as proporções de 0,1:1,0 (interferentes:CBZ) e 1,0:1,0 (interferentes:CBZ).

2.6 Determinação de carbendazim (CBZ) no suco de uva

Uma alíquota de $25,00 \mu\text{L}$ de suco de uva fortificado com uma concentração final conhecida de CBZ igual a $0,098 \mu\text{mol L}^{-1}$ ($0,019 \text{ mg L}^{-1}$) foi adicionada à célula de pré-concentração contendo $10,00 \text{ mL}$ de tampão BR pH 6,0. Não houve a necessidade da aplicação de procedimentos de pré-tratamento de amostra laboriosos. A determinação de CBZ foi realizada utilizando-se sucessivas adições da solução padrão, resultando em concentrações finais de $0,29, 0,49, 0,69, 1,38, 1,86, 2,34, 2,81$ e $3,18 \mu\text{mol L}^{-1}$ da CBZ.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do acetato de 2-hidroxietilamônio (2-HEAA)

A Figura 1a apresenta os espectros de FTIR obtidos para a monoetanolamina, o ácido acético e o líquido iônico 2-HEAA. Os espectros característicos dos precursores da síntese são bem conhecidos e já foram descritos na literatura (BARBOSA, 2013; SCHMITZHAUS *et al.*, 2020; CAMARGO *et al.*, 2016). A banda a 1543 cm^{-1} é atribuída a uma deformação angular em plano (δ) da ligação de amina primária (N-H). As bandas em 1018 e 1072 cm^{-1} são características do estiramento da ligação C-N da monoetanolamina. No espectro do ácido acético, as bandas em 1713 cm^{-1} e 1265 cm^{-1} são características dos estiramentos de C=O e C-O da carbonila, respectivamente. A banda larga de 2750 a 3685 cm^{-1} corresponde ao alongamento do O-H, característico dos ácidos carboxílicos. A região ampliada entre 1220 cm^{-1} e 1720 cm^{-1} do espectro do 2-HEAA corresponde à combinação dos estiramentos C-H do íon acetato com a deformação (δ) de N-H da amina (CAMARGO *et al.*, 2016). A banda a 1635 cm^{-1} do líquido iônico 2-HEAA é referente ao NH_3^+ que teve um aumento de intensidade quando comparada com a banda de deformação (δ) da monoetanolamina. As bandas em 1412 cm^{-1} e 1558 cm^{-1} são atribuídas aos estiramentos simétricos (ν_s) e assimétricos (ν_{as}), respectivamente, do O-C-O do íon acetato. Enquanto que as bandas em 1018 cm^{-1} e 1072 cm^{-1} corresponde ao estiramento C-N (BARBOSA, 2013; SCHMITZHAUS *et al.*, 2020). A banda larga na faixa de 2400 cm^{-1} a 3680 cm^{-1} corresponde ao estiramento

de O-H, que sobrepõem as bandas de estiramento de N-H da monoetanolamina e do cátion do LIP (ALVAREZ *et al.*, 2011; BARBOSA, 2013; SCHMITZHAUS *et al.*, 2020; CAMARGO *et al.*, 2016).

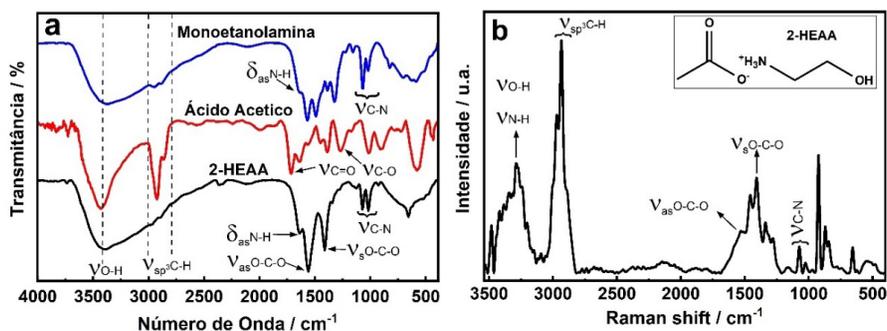


Figura 1 - (a) Espectros FTIR da monoetanolamina, do ácido acético e do líquido iônico acetato de 2-hidroxietilamônio (2-HEAA); (b) Espectro Raman do 2-HEAA. Objeto inserido: Estrutura iônica do 2-HEAA.

A Figura 1b mostra o espectro de Raman do 2-HEAA, a banda larga na região de 3131 cm⁻¹ a 3462 cm⁻¹ é característico do estiramento de N-H do íon amônio combinado com o estiramento de O-H (CAMARGO *et al.*, 2016). As bandas em 1536 cm⁻¹ e 1408 cm⁻¹ são dos estiramentos simétricos (ν_s) e assimétricos (ν_{as}) do íon acetato, respectivamente. Os estiramentos C-N do cátion de 2-hidroxietilamônio são observados em 1025 cm⁻¹ e 1072 cm⁻¹. Portanto, os dados FTIR e Raman corroboram para a formação do líquido iônico prótico (2-HEAA).

3.2 Otimização de parâmetros para detecção de carbendazim

A influência do pH no comportamento eletroquímico do CBZ foi avaliada utilizando 10,00 $\mu\text{mol L}^{-1}$ do analito em solução tampão BR na faixa pH de 2,0 a 8,0 (Figura 2a). A determinação do CBZ utilizando o eletrodo apresentou maior sensibilidade no pH 6,0 e, portanto, foi selecionado para experimentos subsequentes.

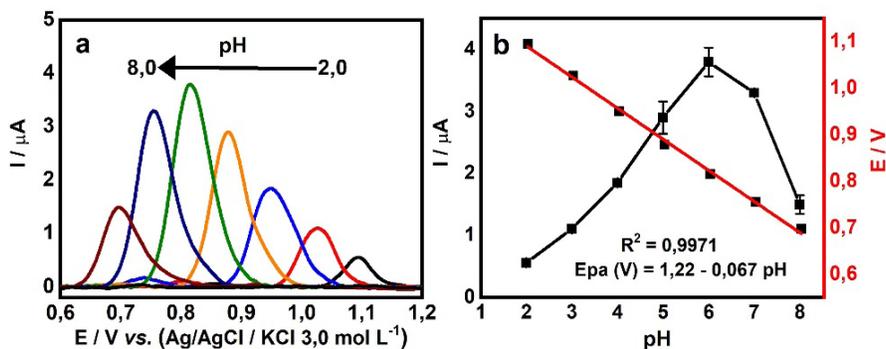
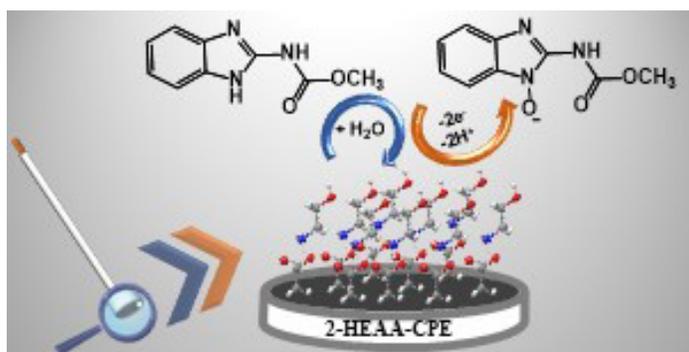


Figura 2 - (a) Variação de corrente de pico anódico do EPC/2-HEAA para estudo de pH na presença de $10 \mu\text{mol L}^{-1}$ CBZ em tampão BR na faixa de pH 2,0 – 8,0, tempo de pré-concentração de 10 min, tempo de pulso de 50,4 ms, amplitude de pulso de 20 mV e velocidade de varredura = 10 mV s^{-1} ; (b) Correlação de I_p e E_{p} em função do pH.

À medida que o pH aumentou (Figura 2b), observou-se o deslocamento linear do potencial de pico anódico do CBZ para valores menos positivos, resultando em uma inclinação da equação da reta igual a $66,7 \text{ mV pH}^{-1}$ ($R^2 = 0,9966$). Este valor é próximo de $59,0 \text{ mV}$, sugerindo um número igual de prótons e elétrons durante o processo de oxidação eletroquímica do CBZ (Esquema 1).



Esquema 1 - Sugestão do mecanismo de oxidação de CBZ na superfície do eletrodo modificado EPC/2-HEAA(Gao *et al.*, 2019).

O efeito do tempo de pré-concentração na intensidade de corrente de pico anódico do CBZ foi investigado variando de 0 a 900 segundos, utilizando a técnica VPD (Figura 3). Observou-se um aumento na corrente de pico anódico de CBZ quando o tempo de pré-concentração aumentou de 0 para 450 s, resultando em uma maior interação de CBZ com a superfície do EPC/2-HEAA. Houve a saturação de CBZ na superfície do eletrodo EPC/2-HEAA com possíveis mecanismos de variação de equilíbrio, observado pela diminuição

na corrente de pico anódico após 450 s. Vale ressaltar que tal comportamento também foi relatado por outros estudos (ĐORĐEVIĆ *et al.*, 2017; Wei *et al.*, 2018; Tian *et al.*, 2019). O tempo de 450 s foi selecionado devido à melhor resposta de intensidade de corrente de pico anódico.

Os parâmetros da técnica VPD (velocidade de varredura, tempo de pulso e amplitude de pulso) foram explorados sistematicamente para determinar a configuração ideal para a detecção de CBZ (Figura 3). É possível observar que os parâmetros da técnica do VPD influenciaram significativamente no aumento do sinal analítico do CBZ.

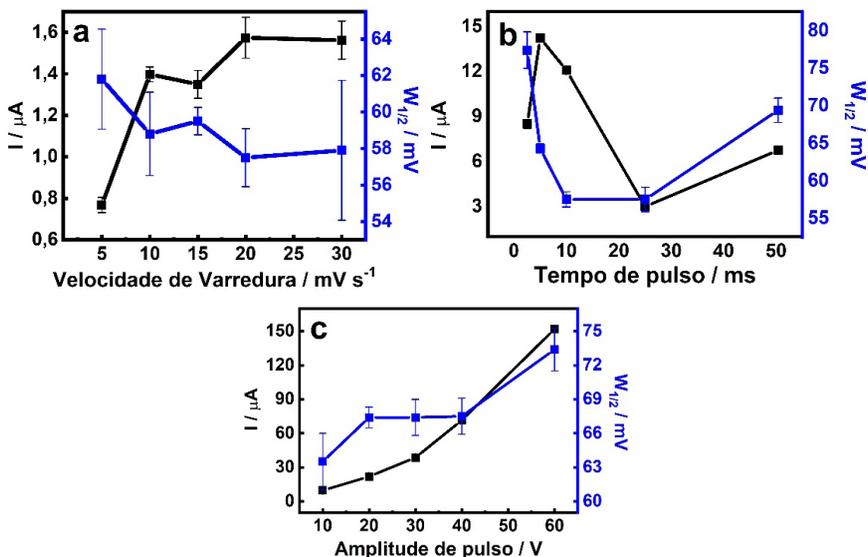


Figura 3 - Dependência do pico anódico (I) e da largura de meia altura ($W_{1/2}$) com velocidade de varredura (a); tempo de pulso (b); amplitude de pulso (c).

A Figura 3a mostra que a intensidade de corrente de pico anódico aumenta até 20 mV s^{-1} , enquanto o valor da largura à meia altura ($W_{1/2}$) diminui, contribuindo para uma melhor definição de pico. Assim, foi escolhida a velocidade de varredura de 20 mV s^{-1} . A Figura 3b mostra que a maior intensidade de corrente foi obtida em 5 ms, com pequenas variações de $W_{1/2}$, mantendo uma boa resolução de pico. No estudo da influência da amplitude do pulso (Figura 3c), observou-se um aumento gradual na intensidade da corrente de pico anódico e a intensidade máxima do sinal foi atingida em 60 mV.

Foi realizado um comparativo entre os parâmetros iniciais e as condições otimizadas de análise para verificar o desempenho eletroquímico dos eletrodos sem modificação (EPC) e modificado com LIP na detecção de $10 \mu\text{mol L}^{-1}$ CBZ, utilizando a técnica de voltametria de pulso de diferencial (Figura 4).

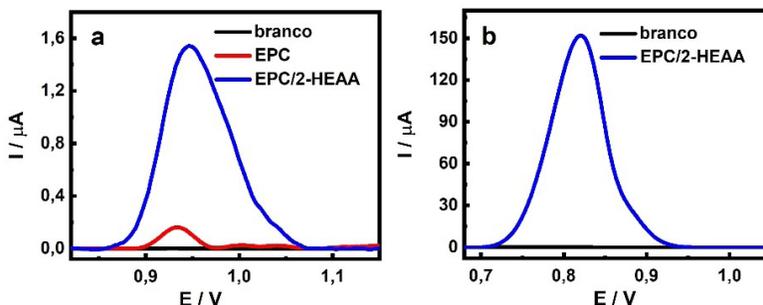


Figura 4 – (a) Voltamogramas de pulso diferencial obtidos para os eletrodos EPC e EPC/2-HEAA em $10,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ CBZ, tampão BR (pH 4,0), 10 minutos de tempo de pré-concentração, $v = 10 \text{ mV s}^{-1}$, 50 ms de tempo de pulso e 20 mV de amplitude de pulso; (b) Os voltamogramas obtidos para EPC/2-HEAA em condições otimizadas.

O desempenho do EPC/2-HEAA foi superior ao do EPC, exibindo um pico anódico de 10 vezes maior com potencial de +0,95 V, em condições não otimizadas (Figura 4a). Utilizando as condições otimizadas, o eletrodo EPC/2-HEAA demonstrou uma intensidade de corrente de pico anódico muito superior aos da Figura 4a, com um potencial menos positivo de +0,82 V (Figura 4b). Isso se deve à maior condutividade que o eletrodo modificado com LIP apresenta quando comparado ao eletrodo sem modificação. De acordo com Opallo e Lesniewski (OPALLO & LESNIEWSKI, 2011), o aumento da área eletroativa do eletrodo modificado com líquido iônico deve-se à migração de uma fração do eletrólito que é transferido através da interface LI/eletrólito, de modo que o processo de transferência de elétrons ocorra também na interface de carbono/LI. Em contraste, no eletrodo não modificado, a transferência de elétrons ocorre apenas na interface grafite/eletrólito.

3.3 Desempenho analítico do eletrodo modificado (EPC/2-HEAA)

A avaliação de desempenho do método analítico proposto para a determinação de CBZ foi realizada através da construção de uma curva analítica. As intensidades de corrente de pico anódico aumentaram com as adições da solução de CBZ e resultaram no sinal analítico variando linearmente entre as concentrações de 9,98 a 476,20 nmol L^{-1} (Figura 5). As análises voltamétricas foram realizadas em triplicatas ($n = 3$) para cada ponto na curva, gerando uma equação de $I(\mu\text{A}) = 3,32 \cdot 10^{-7} + 84,51 [\text{CBZ}] (\mu\text{mol L}^{-1})$, $R^2 = 0,9964$. Os valores calculados de LOD e LOQ foram de 1,69 nmol L^{-1} e 5,63 nmol L^{-1} , respectivamente, demonstrando que o eletrodo EPC/2-HEAA tem alta detectabilidade para o CBZ, considerando o menor valor de LOD calculado.

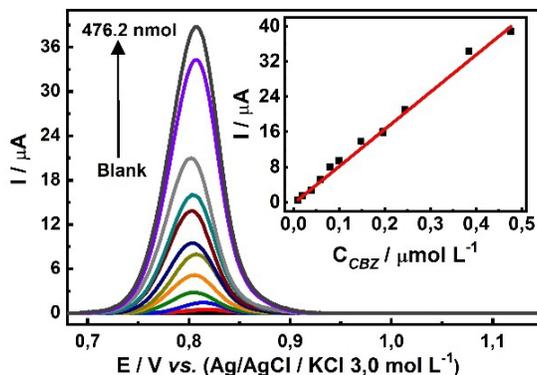


Figura 5 – Voltamogramas de pulso diferencial para diferentes concentrações de CBZ (9,98; 19,96; 39,84; 59,64; 79,36; 99,90; 148,7; 196,10; 243,90; 384,6 e 476,20 nmol L⁻¹). Condições de pré-concentração: tampão BR (pH 6,0) por 450 s. Condições de leitura voltamétrica: tampão BR (pH 6,0), $v = 20 \text{ mV s}^{-1}$, tempo de pulso de 5,0 ms e amplitude de pulso de 60 mV. Gráfico inserido: Correlação linear entre as concentrações de CBZ e intensidade de pico (I).

O método analítico foi comparado com outros estudos descritos na literatura (Tabela 1), onde se pode evidenciar a alta detectabilidade do sensor EPC/2-HEAA desenvolvido, atribuída principalmente à maior área eletroativa da superfície do eletrodo devido às propriedades do líquido iônico.

Eletrodo	Técnica	Faixa linear	Limite de detecção	Referência
		$\mu\text{mol L}^{-1}$		
[HMIMTFS]/MEPC	VSAPD	0,052 – 1.29	0,00889	(ĐORĐEVIĆ <i>et al.</i> , 2017)
ZMEPC2/1000H8	SWV	0,100 – 2.35	0,0035	(MAXIMIANO <i>et al.</i> , 2018)
GS/GCE	Cc	0,005 – 1.57	0,00078	(WEI <i>et al.</i> , 2018)
CMC-MWCNTs/GCE	VPD	0,030 – 10.00	0,015	(LIAO <i>et al.</i> , 2019)
QD-rGO/EPC	VPD	0,0998 – 11.80	0,0916	(SANTANA <i>et al.</i> , 2019)
NP-Cu/RGO/GCE	VPD	0,500 – 30.00	0,09	(TIAN <i>et al.</i> , 2019)
EPC-rGO/B	VPD	0,030 – 0.90	0,0023	(SANT'ANNA <i>et al.</i> , 2020)
EPC/2-HEAA	VPD	0,010 – 0.48	0,00169	*

Eletrodo de Pasta de carbono modificado (EPC/MEPC), eletrodo de carbono vidrado (GCE), voltametria stripping adsorptive de pulso diferencia (VSAPD), voltametria de onda quadrada (SWV), cronocoulometria (CC) e voltametria de pulso diferencial (VPD); [HMIMTFS]: 1-hexyl-3-metilimidazolium bis (trifluorometil sulfonil)imide, Z/100H8: zeolita recristalizada a 100 °C por 8 horas; GS: nanotubos de grafeno, CMC: carboximetil celulose; MWCNTs: nanotubos de carbono multi-paredes; QD: quantum dots; NP-Cu: Cobre nanoporoso e rGO: Óxido de grafeno reduzido. * Neste trabalho.

Tabela 1 - Comparação dos vários eletrodos modificados para determinação carbendazim descrita na literatura.

A repetibilidade e a reprodutibilidade do EPC/2-HEAA foram avaliadas pela detecção de $0,05 \mu\text{mol L}^{-1}$ de CBZ. O desempenho eletroquímico da repetibilidade resultou em um desvio padrão relativo (RSD) de 5,96%. Para avaliar a reprodutibilidade, foram realizadas medições em seis superfícies diferentes do EPC/2-HEAA, resultando em um RSD de 5,63%, demonstrando alta reprodutibilidade do eletrodo proposto.

3.4 Análise de substâncias concomitantes e aplicação da estratégia analítica no suco de uva

Para investigar a seletividade do EPC/2-HEAA, foram avaliados compostos nitrogenados e espécies inorgânicas que possam atuar como possíveis interferentes no sinal analítico (Figura 6). Utilizou-se concentração fixa de $0,05 \mu\text{mol L}^{-1}$ CBZ e dois níveis de concentração dos interferentes, nas razões de 0,1:1,0 e 1,0:1,0 (interferentes:CBZ). A variação da intensidade de corrente de pico anódico foi inferior a 6,0% na presença dos íons Mg^{2+} , Ca^{2+} e das substâncias nitrogenadas carbaril, fenamifos e paraquat, avaliados nas duas razões investigadas. Enquanto que na presença de methyl paration e ametrin, a variação na corrente foi de 6,63% (razão 0,1:1,0) e 7,21% (razão 1,0:1,0), respectivamente. Assim, o EPC/2-HEAA mostrou excelente seletividade na presença de espécies inorgânicas e nitrogenadas que podem coexistir no suco de uva.

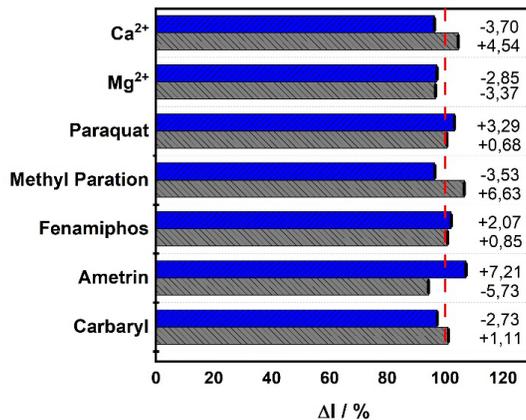


Figura 6 - CBZ ($1,0 \mu\text{molL}^{-1}$) na presença de substâncias orgânicas e inorgânicas, (cinza) proporção 0,1:1 e (azul) proporção 1,0:1,0 (interferentes:CBZ).

O sensor proposto foi aplicado para a determinação do carbendazim em suco de uva (Figura 7a-b). A amostra foi adquirida em um supermercado local e não foi realizado nenhum pré-tratamento laborioso.

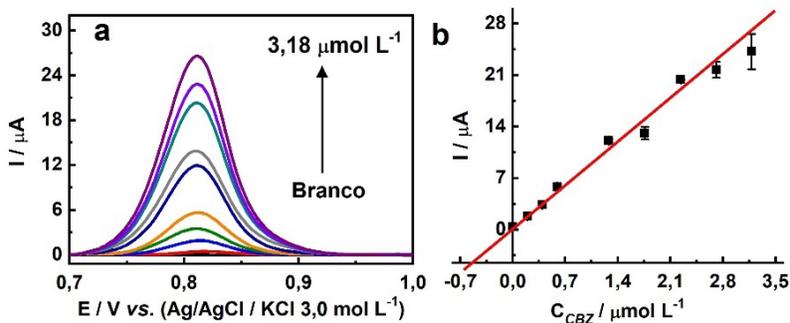


Figura 7 - (a) Voltamogramas de pulso diferencial para quantificação da CBZ em amostra de suco de uva em concentrações de 0,098, 0,298, 0,496, 0,693, 1,38, 1,86, 2,34, 2,81, 3,18 $\mu\text{mol L}^{-1}$; (b) Curva de adição padrão CBZ. Condições de pré-concentração: tampão BR (pH 6,0) contendo CBZ, tempo de pré-concentração 450 s. Condições de leitura voltamétrica: tampão BR (pH 6,0), $v = 20 \text{ mV s}^{-1}$, tempo de pulso de 5,0 ms e amplitude de pulso de 60 mV.

Os resultados obtidos para a recuperação da CBZ no suco de uva fortificada foram de 100,6% e 106,7%. Esses valores demonstram que o sensor desenvolvido teve um excelente desempenho e pode ser utilizado para a determinações bem sucedidas de carbendazim em outras matrizes complexas.

4 I CONCLUSÃO

O eletrodo modificado com o líquido iônico prótico 2-HEAA mostrou excelente desempenho para a determinação do carbendazim em amostra de suco de uva. Em condições otimizadas, o EPC/2-HEAA apresentou boa linearidade com baixos limites de detecção e quantificação, apresentando boa precisão e seletividade apreciável. O sensor proposto mostrou bons níveis de recuperações de CBZ em uma matriz de suco de uva sem procedimento laborioso no pré-tratamento da amostra. Assim, é possível afirmar que o sensor desenvolvido é uma alternativa viável e pode substituir outros sensores eletroquímicos por ser de fácil obtenção e apresentar uma boa relação custo-benefício, uma vez que a preparação do LIP tem uma simples rota de síntese e o dispositivo eletrônico é feito com materiais simples e de baixo custo em comparação com outros sensores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e CAPES, ao Laboratório de Corrosão e Nanotecnologia (LCNT), ao Centro de Competências de Petróleo e Gás de Sergipe (NUPEG/PETROBRAS/UFS), ao Centro laboratório de Química Multiusuário (CLQM) e o Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ) da Universidade Federal de Sergipe.

REFERÊNCIAS

- ABO-HAMAD, A.; ALSAADY, M. A.; HAYYAN, M.; JUNEIDI, I.; HASHIM, M. A. **Ionic Liquid-Carbon Nanomaterial Hybrids for Electrochemical Sensor Applications: A Review**. *Electrochimica Acta*, v. 193, p. 321–343, 2016.
- ALVAREZ, V. H.; MATTEDI, S.; MARTIN-PASTOR, M.; AZNAR, M.; IGLESIAS, M. **Thermophysical properties of binary mixtures of {ionic liquid 2-hydroxy ethylammonium acetate + (water, methanol, or ethanol)}**. *Journal of Chemical Thermodynamics*, v. 43, n. 7, p. 997–1010, 2011.
- BAKIRHAN, N. K.; USLU, B.; OZKAN, S. A. **The Detection of Pesticide in Foods Using Electrochemical Sensors**. [s.l.] Elsevier Inc., 2018.
- BARBOSA, L. C. DE A. **Espetroscopia no Infravermelho na caracterização de compostos orgânicos**. 1º ed. Universidade Federal de Viçosa: Editora UFV, cap. 5, p. 120-122, 2013.
- BOLI, E.; DIMOU, E.; VOUTSAS, E. **Separation of the isopropanol-water azeotropic mixture using ionic liquids**. *Fluid Phase Equilibria*, v. 456, p. 77–83, 2018.
- CAMARGO, D.; ANDRADE, R. S.; FERREIRA, G. A.; MAZZER, H.; CARDOZO-FILHO, L.; IGLESIAS, M. **Investigation of the rheological properties of protic ionic liquids**. *Journal of Physical Organic Chemistry*, v. 29, n. 11, p. 604–612, 2016.
- DIAS, R. M.; SOSA, F. H. B.; COSTA, M. C. DA. **Dissolution of lignocellulosic biopolymers in ethanolamine-based protic ionic liquids**. *Polymer Bulletin*, n. 0123456789, 2019.
- DORĐEVIĆ, J. S.; MAKSIMOVIĆ, V. M.; GADŽURIĆ, S. B.; TRTIĆ-PETROVIĆ, T. M. **Determination of Carbendazim by an Ionic Liquid-Modified Carbon Paste Electrode**. *Analytical Letters*, v. 50, n. 7, p. 1075–1090, 2017.
- GAO, X.; GAO, Y.; BIAN, C.; MA, H.; LIU, H. **Electroactive nanoporous gold driven electrochemical sensor for the simultaneous detection of carbendazim and methyl parathion**. *Electrochimica Acta*, v. 310, p. 78–85, 2019.
- GLOBAL CROPPROTECTION. **Brasil importou 4,5 mil toneladas de Carbendazim em 2017**. Disponível em: <<https://globalcropprotection.com/2018/04/12/brasil-importa-4-5-mil-toneladas-de-carbendazim-em-2017/>>. Acessado em outubro 2020.
- GREAVES, T. L.; DRUMMOND, C. J. **Protic Ionic Liquids: Evolving Structure-Property Relationships and Expanding Applications**. *Chemical Reviews*, v. 115, n. 20, p. 11379–11448, 2015.
- HAYES, R.; WARR, G. G.; ATKIN, R. **Structure and Nanostructure in Ionic Liquids**. *Chemical Reviews*, v. 115, n. 13, p. 6357–6426, 2015.
- LEE, H. S.; RAHMAN, M. M.; CHUNG, H. S.; KABIR, H.; YOON, K. S.; CHO, S. K.; ABD EL-ATY, A. M.; SHIM, J. H. **An effective methodology for simultaneous quantification of thiophanate-methyl, and its metabolite carbendazim in pear, using LC-MS/MS**. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, v. 1095, n. July, p. 1–7, 2018.

- LIAO, X.; HUANG, Z.; HUANG, K.; QIU, M.; CHEN, F.; ZHANG, Y.; WEN, Y.; CHEN, J. **Highly sensitive detection of carbendazim and its electrochemical oxidation mechanism at a nanohybrid sensor.** *Journal of the Electrochemical Society*, v. 166, n. 6, p. B322–B327, 2019.
- MACFARLANE, D. R.; TACHIKAWA, N.; FORSYTH, M.; PRINGLE, J. M.; HOWLETT, P. C.; ELLIOTT, G. D.; DAVIS, J. H.; WATANABE, M.; SIMON, P.; ANGELL, C. A. **Energy applications of ionic liquids.** *Energy and Environmental Science*, v. 7, n. 1, p. 232–250, 2014.
- MAXIMIANO, E. M.; CARDOSO, C. A. L.; ARRUDA, G. J. **Deteção Eletroquímica de Carbendazim em Sucos de Frutas Cítricas Utilizando Eletrodo de Pasta de Carbono.** *Orbital - The Electronic Journal of Chemistry*, v. 8, n. 4, p. 232–239, 2016.
- MAXIMIANO, E. M.; LIMA, F. DE; CARDOSO, C. A. L.; ARRUDA, G. J. **Modification of carbon paste electrodes with recrystallized zeolite for simultaneous quantification of thiram and carbendazim in food samples and an agricultural formulation.** *Electrochimica Acta*, v. 259, p. 66–76, 2018.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).** Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/>>. Acessado em outubro 2020.
- OLIVEIRA, L. H.; SOUZA, A. C. D.; PIZZUTI, L.; FERREIRA, V. S.; PRADELA FILHO, L. A.; TAKEUCHI, R. M.; SANTOS, A. L. DOS; TRINDADE, M. A. G. **Determinação Voltamétrica do Antioxidante Galato de Propila em Biodiesel Empregando Eletrodos de Pasta de Carbono Modificados com Líquido Iônico.** *Orbital - The Electronic Journal of Chemistry*, v. 6, n. 4, p. 255–266, 2015.
- OLIVEIRA, N. S. DE; CARLOS, A. L. S. DA; MATTEDI, S.; SOARES, C. M. F.; SOUZA, R. L.; FRICKS, A. T.; LIMA, Á. S. **Ionic liquid-based ultrasonic-assisted extraction of alkaloids from cacao (Theobroma cacao).** *Chemical Engineering Transactions*, v. 64, p. 49–54, 2018.
- OPALLO, M.; LESNIEWSKI, A. **A review on electrodes modified with ionic liquids.** *Journal of Electroanalytical Chemistry*, v. 656, n. 1–2, p. 2–16, 2011.
- ROCHA, E. G. A.; PIN, T. C.; RABELO, S. C.; COSTA, A. C. **Evaluation of the use of protic ionic liquids on biomass fractionation.** *Fuel*, v. 206, p. 145–154, 2017.
- RODRIGUES, R. D. P.; CASTRO, F. C. DE; SANTIAGO-AGUIAR, R. S. DE; ROCHA, M. V. P. **Ultrasound-assisted extraction of phycobiliproteins from *Spirulina (Arthrospira) platensis* using protic ionic liquids as solvent.** *Algal Research*, v. 31, n. February, p. 454–462, 2018.
- RODRIGUES, R. D. P.; LIMA, P. F. DE; SANTIAGO-AGUIAR, R. S. DE; ROCHA, M. V. P. **Evaluation of protic ionic liquids as potential solvents for the heating extraction of phycobiliproteins from *Spirulina (Arthrospira) platensis*.** *Algal Research*, v. 38, n. December 2018, p. 101391, 2019.
- SANT'ANNA, M. V. S.; CARVALHO, S. W. M. M.; GEVAERD, A.; SILVA, J. O. S.; SANTOS, E.; CARREGOSA, I. S. C.; WISNIEWSKI, A.; MARCOLINO-JUNIOR, L. H.; BERGAMINI, M. F.; SUSSUCHI, E. M. **Electrochemical sensor based on biochar and reduced graphene oxide nanocomposite for carbendazim determination.** *Talanta*, v. 220, n. July, p. 1–8, 2020.
- SANTANA, P.; LIMA, J.; SANTANA, T.; SANTOS, L.; MATOS, C.; COSTA, L. DA; GIMENEZ, I.; SUSSUCHI, E. **Semiconductor Nanocrystals-Reduced Graphene Composites for the Electrochemical Detection of Carbendazim.** *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 30, n. 6, p. 1302–1308, 2019.

SANTOS, M. O.; SANTOS, G. DE O. S.; MATTEDI, S.; GRIZA, S.; EGUILUZ, K. I. B.; SALAZAR-BANDA, G. R. **Influence of the calcination temperature and ionic liquid used during synthesis procedure on the physical and electrochemical properties of $Ti/(RuO_{2/0.8}-(Sb_2O_4)_{0.2}$ anodes.** Journal of Electroanalytical Chemistry, v. 829, n. May, p. 116–128, 2018.

SCHMITZHAUS, T. E.; ORTEGA VEGA, M. R.; SCHROEDER, R.; MULLER, I. L.; MATTEDI, S.; MALFATTI, C. DE F. **An amino-based protic ionic liquid as a corrosion inhibitor of mild steel in aqueous chloride solutions.** Materials and Corrosion, 2020.

SHI, X.; DING, M.; LI, C.; WANG, W.; GUO, H. **A Green Synthesis of Highly Functionalized 3-amino-2-phenylsulfonyl-1-alkyl/aryl-1H-pyrazolo[1,2-b]phthalazine-5,10-diones and Their Reduction and Photophysical Studies.** Journal of Heterocyclic Chemistry, v. 55, n. 2, p. 440–446, 2018.

SHIDDIKY, M. J. A.; TORRIERO, A. A. J. **Application of ionic liquids in electrochemical sensing systems.** Biosensors and Bioelectronics, v. 26, n. 5, p. 1775–1787, 2011.

SILVA, R. C.; BARROS, K. A.; PAVÃO, A. C. **Carcinogenicity of Carbendazim and Its Metabolites.** Química Nova, v. 37, n. 8, p. 1329–1334, 2014.

SOBHANI, S.; NASSERI, F.; ZARIFI, F. **Unique role of 2-hydroxyethylammonium acetate as an ionic liquid in the synthesis of Fe_3O_4 magnetic nanoparticles and preparation of pyridine derivatives in the presence of a new magnetically recyclable heterogeneous catalyst.** Journal of the Iranian Chemical Society, v. 15, n. 12, p. 2721–2732, 2018.

TIAN, C.; ZHANG, S.; WANG, H.; CHEN, C.; HAN, Z.; CHEN, M.; ZHU, Y.; CUI, R.; ZHANG, G. **Three-dimensional nanoporous copper and reduced graphene oxide composites as enhanced sensing platform for electrochemical detection of carbendazim.** Journal of Electroanalytical Chemistry, v. 847, n. April, p. 113243, 2019.

WANG, X.; JIA, R.; SONG, Y.; WANG, M.; ZHAO, Q.; SUN, S. **Determination of pesticides and their degradation products in water samples by solid-phase extraction coupled with liquid chromatography-mass spectrometry.** Microchemical Journal, v. 149, n. June, p. 104013, 2019.

WEI, P.; GAN, T.; WU, K. **N-methyl-2-pyrrolidone exfoliated graphene as highly sensitive analytical platform for carbendazim.** Sensors and Actuators, B: Chemical, v. 274, p. 551–559, 2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Abióticos 35
- Ácidos graxos 30, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41
- Águas residuais 43, 53, 58, 115
- Amperometria 43
- Analito 4, 60, 62, 79, 89, 94, 132, 133, 156
- Ânions 43, 46, 47, 48, 74, 118
- Antibióticos 73, 74
- Anti-inflamatório 22
- Antimicrobiano 1
- Antioxidantes 1, 2, 22, 40
- Área superficial 74, 87, 91, 191
- Atividade biológica 14, 34, 174

B

- Bióticos 35

C

- Cascas 24, 25, 26, 29, 32
- Cátions 43, 46, 47, 48, 74, 118
- Células 35, 101, 102, 155, 157, 172, 173, 174, 175, 178, 179
- Celulose 66, 178, 179, 180, 181
- Chá 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 145, 146, 147
- Compostos voláteis 24, 26
- Condutividade 58, 65, 74, 87, 94, 178, 179, 180, 181, 182, 183
- Contaminação ambiental 74
- Contaminação de alimentos 167
- Contaminante emergente 73
- Corante 178, 179, 180, 181, 182, 183
- Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas 24
- Curva analítica 52, 60, 65, 73, 76, 80, 81, 86, 89, 90, 95, 132, 133, 135, 137

D

- Desvio padrão relativo 57, 67, 81
- Doenças crônicas 2, 12

E

Eletrocatalítica 112, 123

Eletr deposição 44, 99, 100, 101, 102, 104, 105, 106, 108, 109, 170

Eletr odo modificado 52, 56, 57, 60, 63, 65, 68, 72, 73, 76, 86, 95, 112, 116, 117, 119, 121, 123, 124, 125

Eletrólito suporte 46, 47, 48, 60, 76, 112, 115, 119, 120, 125

Eletr o-oxidação 101

Eletr oquímica 43, 44, 45, 47, 51, 57, 58, 60, 63, 70, 74, 76, 85, 89, 90, 93, 99, 101, 102, 103, 112, 115, 117

Exatidão 4, 128, 131, 133, 135, 136, 137

F

Fármacos 53, 73, 144, 146, 147, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195

Figuras de mérito 7, 9, 10, 11, 128, 131, 133, 135, 136, 137, 139

Filme híbrido 116, 117, 123, 124, 125

Folhas 3, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 32, 76, 77, 92

Fotocatálise heterogênea 184, 185, 186, 187, 194, 195, 198

H

Hidrodestilação 14, 15, 16, 21, 22, 24, 27, 28, 29, 30, 31

L

Limite de detecção 8, 43, 53, 66, 80, 86, 95, 132, 184

Limite de quantificação 53, 80, 86, 95

M

Matrizes ambientais 73

Mecanismos de adsorção 87, 157, 158

Metais 3, 11, 43, 44, 45, 48, 99, 100, 112, 114, 115, 116, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177

Métodos analíticos 1, 74, 112, 133, 136, 138, 139, 150

Microscopia eletrônica de varredura 88, 99, 103, 109

O

Óleos essenciais 14, 15, 16, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33

Osmose 178, 179, 180, 181, 182, 183

P

Peroxidação foto-assistida 186

Pesticidas 45, 142, 144, 145, 151, 174, 185

Planejamento experimental 128, 131, 137

Potencialmente tóxicos 153, 154, 158, 167, 168, 169, 172, 173, 174, 175, 176

Precisão 4, 7, 8, 61, 68, 76, 81, 128, 131, 133, 135, 136, 137

Preparo de amostra 58, 130, 140, 142, 148, 151

Processos metabólicos 35, 153, 155

Processos oxidativos avançados 198

Produtos naturais 2, 24, 35

Q

QuEChERS 140, 142, 143, 144, 148, 149, 150, 151

Química verde 140, 141, 142, 145, 146, 147, 148, 150, 151

Quimiometria 1, 4

R

Radiação 4, 32, 103, 132, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 191, 195, 198

Repetibilidade 57, 61, 67, 73, 76, 81

Reprodutibilidade 57, 61, 67, 73, 76, 81

Resíduos 58, 74, 116, 140, 141, 142, 144, 147, 148, 150, 170, 185, 198

S

Sensibilidade 4, 7, 56, 58, 62, 73, 74, 78, 94, 132, 135, 140

Sensor 54, 56, 57, 59, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 83, 84, 85, 86, 97, 98, 126, 127

Sensor eletroquímico 56, 59, 72, 85, 86

Solvente 16, 27, 28, 29, 31, 58, 131, 144, 147, 178, 180, 182

V

Voltametria cíclica 43, 46, 50, 53, 101, 112, 116, 120, 125

Voltametria de pulso diferencial 56, 60, 76, 86, 89

Voltamograma 99, 105, 106, 121

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química 2

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química 2

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

