

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 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. 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 7

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

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 16/11/2020

Anderson Alex Conceição Alves

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

Michael Douglas Santos Monteiro

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

Pedro Rafael da Cruz Almeida

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

Jonatas de Oliveira Souza Silva

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

José Carlos dos Santos Junior

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

Jose Fernando de Macedo

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

Mércia Vieira da Silva Sant'Anna

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

Lucas dos Santos Lima

Universidade Federal de Sergipe
Programa de Pós-Graduação em Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/1131629410192288>

José Felipe dos Santos

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

Eliana Midori Sussuchi

Universidade Federal de Sergipe
Programa de Pós-Graduação em Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/8137586721918798>

RESUMO: Neste trabalho, foi desenvolvido um estudo para a detecção da ciprofloxacina (CPX) utilizando um eletrodo modificado com óxido de grafeno reduzido (OGr) e o líquido iônico (LI) acetato de 1-butil-3-metilimidazólio (BMIMAc). O eletrodo empregado mostrou-se eletroativo frente à detecção de CPX. Foram avaliados os teores de modificação, variando proporções de OGr e do LI para o desenvolvimento do eletrodo compósito. A utilização de 10,0% de OGr e 2,5% de BMIMAc resultou em maiores intensidades de corrente de pico anódico na detecção de CPX. Estudos de otimizações dos parâmetros do meio

e da técnica também foram realizados. A partir disso, uma curva analítica foi obtida utilizando uma solução padrão de CPX, resultando em duas faixas lineares dinâmicas de concentração. A faixa de interesse correspondeu à detecção da CPX no intervalo de concentração de 6,99 a 695,0 nmol L⁻¹ (R² = 0,9984), com limites de detecção e quantificação iguais a 4,21 nmol L⁻¹ e 12,8 nmol L⁻¹, respectivamente. As avaliações de reprodutibilidade e repetibilidade para o eletrodo EM/OGr-LI resultaram em valores de desvios padrão relativos iguais a 5,96% e 1,12%, respectivamente. Esses resultados atestam a sensibilidade do método analítico desenvolvido para a determinação de CPX em amostra real.

PALAVRAS-CHAVE: Contaminante Emergente. Eletrodo Modificado. Óxido de Grafeno Reduzido. Imidazólio.

DETECTION OF CIPROFLOXACIN APPLYING AN ELECTROCHEMICAL SENSOR BASED ON DERIVATIVE GRAPHENE AND IONIC LIQUID

ABSTRACT: In this work, a study was developed for the detection of ciprofloxacin (CPX), applying modified carbon paste electrode (MCPE) with reduced graphene oxide (rGO) and ionic liquid (IL) 1-butyl-3-methylimidazolium acetate (BMIMAc). The electrode used was shown to be electroactive when detecting CPX. Modification percentages were evaluated, varying the proportions of rGO and LIs for the development of the composite electrode. The use of 10.0% rGO and 2.5% BMIMAc resulted in higher intensities of anodic peak current in the detection of CPX. Optimization studies of the parameters of the medium and the technique were performed. From this, an analytical curve was obtained using a standard CPX solution, resulting in two dynamic linear ranges of concentration. The range of interest corresponded to the detection of CPX in the concentration range of 6.99 to 695.0 nmol L⁻¹ (R² = 0.9984), with limits of detection and quantification calculated from 4.21 nmol L⁻¹ and 12.8 nmol L⁻¹, respectively. In addition, the reproducibility and repeatability assessments for the ME/rGO-IL electrode resulted in values of relative standard deviation equal to 5.96% and 1.12%, respectively, guaranteeing the applicability of the analytical method developed.

KEYWORDS: Emerging Contaminant. Modified Electrode. Reduced Graphene Oxide. Imidazolium.

1 | INTRODUÇÃO

Os contaminantes emergentes constituem uma classe de substâncias geradas pela atividade antrópica ou natural, para as quais ainda não existe legislação que determine o seu monitoramento, ou relatórios sanitários de relatem a detecção desses compostos em matrizes ambientais (PETRIE *et al.*, 2014). Os contaminantes emergentes não são removidos pelos sistemas convencionais de tratamentos de água (NASCIMENTO *et al.*, 2015). Dessa forma, a detecção desses compostos em baixas concentrações, na ordem de ng L⁻¹ e µg L⁻¹, necessita de técnicas altamente sensíveis e seletivas.

Inseridos nesse contexto, os fármacos à base de Ciprofloxacina (CPX) são utilizados como antibióticos de largo espectro, sendo bastante difundidos para remediação de diversas doenças bacterianas. A CPX pertencente ao grupo das fluoroquinolonas e essas

ao das quinolonas, possuindo atividade contra os cocos Gram-positivos e Gram-negativos, apresentando potencialidade farmacológica igual ou superior à penicilina, às cefalosporinas e aos aminoglicosídeos (CLAYTON & STOCK, 2006). Com isso, a intensa utilização da CPX para o tratamento de infecções humanas e animais (ROCA JALIL *et al.*, 2015) faz com que os resíduos desse fármaco sejam encontrados em ambientes aquáticos, em efluentes de criação de animais e farmacêuticos (PENG *et al.*, 2016), além dos efluentes hospitalares e até mesmo residenciais (DEWITTE *et al.*, 2008).

Além da contaminação ambiental pelo uso generalizado da CPX, a resistência bacteriana desenvolvida pelos organismos, devido à exposição a longo prazo a esse antibiótico, torna-se preocupante. Efeitos colaterais devido ao uso não controlado da CPX foram registrados, tais como: alergias (OWENS & AMBROSE, 2005), resistência a antibióticos (EZELARAB *et al.*, 2018), hepatotoxicidade e a presença de sangue em urina (PHAM *et al.*, 2018). Assim sendo, a busca pelo desenvolvimento de métodos analíticos que apresentem elevada sensibilidade à presença de CPX em compartimentos ambientais e organismo humano, torna-se necessário. Frente a isso, o desenvolvimento de sensores modificados tem-se mostrado promissor para a determinação eletroquímica desse composto (FENG *et al.*, 2010). Segundo Pereira *et al.* (2002), a modificação agrega seletividade, sensibilidade, tempo de vida útil, tempo de resposta e estabilidade ao eletrodo.

Um modificador que tem ganhado atenção nos últimos anos são os líquidos iônicos (LIs), que são substâncias químicas iônicas que possuem ponto de fusão abaixo de 100 °C e apresentam baixa viscosidade (WASSERSCHIED & KEIM, 2000). Eles podem ser usados como catalisadores, eletrólito, solventes, entre outras aplicações. Por via de regra, os líquidos iônicos são formados por um cátion orgânico e por um ânion orgânico ou inorgânico. Com base nisso, as propriedades físico-químicas desses líquidos podem ser “arquitetadas” de acordo com a espécie catiônica ou aniônica (FREEMANTLE, 1998). Propriedades como densidade, solubilidade e viscosidade dependem da constituição e tamanho das espécies iônicas que formam o LI. A densidade depende do tamanho do anel do cátion, do comprimento da cadeia alquil do cátion, da simetria dos íons e da interação das forças entre cátions e ânions (EARLE *et al.*, 2006; MACFARLANE *et al.*, 2001; NISHIDA *et al.*, 2003; NODA *et al.*, 2001; YANES *et al.*, 2001). Já a solubilidade dos LI em água é dependente do ânion, sendo os LI à base de imidazólio com os ânions haleto, etanoato, nitrato ou trifluoroacetato solúveis em água (SEDDON *et al.*, 2000).

O óxido de grafeno reduzido (OGr), bem como os LIs, também pode ser empregado na modificação de sensores eletroquímicos. O OGr é um nanomaterial que apresenta propriedades físico-químicas capazes de ampliar a detectabilidade de diversas substâncias (HE *et al.*, 2018; WANG *et al.*, 2020). Sua alta condutividade, ampla área superficial e a presença de estruturas de carbono com hibridização sp^2 faz do OGr um excelente material para ser aplicado como modificador de eletrodos (XU *et al.*, 2013). O OGr pode ser obtido a partir do grafite, baseado no método de Hummers modificado (SANT’ANNA *et al.*, 2020).

Dentre as etapas envolvidas nesse processo sintético, ocorre a oxidação do grafite, levando à formação do óxido de grafeno (OG) e, por redução posterior, produz o óxido de grafeno reduzido (OGr) (ZARBIN & OLIVEIRA, 2013).

A combinação das propriedades de LIs com as do OGr pode formar um material compósito capaz de interagir de forma sinérgica com moléculas de CPX. Assim sendo, este trabalho propõe o desenvolvimento e a aplicação de eletrodos baseados em OGr e o líquido iônico acetato de 1-butil-3-metilimidazólio (BMIMAc) para a determinação de CPX.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Síntese do OGr e obtenção do BMIMAc

Em um frasco de vidro de 500,0 mL, foram adicionados 5,00 g de grafite com 15,00 g de KMnO_4 . Essa mistura foi colocada em banho de gelo. Foram gotejados 100,0 mL de H_2SO_4 concentrado, sob agitação constante, por 1 h. Em seguida, a solução foi retirada do banho de gelo e foram adicionados, aos poucos, 400,0 mL de água deionizada. A mistura foi colocada em um banho de glicerina a 90 °C, durante 1 h. Ao final, foi observado um produto de coloração marrom. O material foi centrifugado e lavado com água deionizada aquecida, obtendo-se o óxido de grafeno (OG). Na etapa de redução para obtenção do OGr, foi pesado 1,00 g do produto obtido na etapa anterior e adicionado a 10,00 g de ácido ascórbico em 50,0 mL de água deionizada. A mistura foi mantida sob agitação constante à temperatura ambiente por 48 h. O produto obtido foi armazenado sob refrigeração (HUMMERS. & OFFEMAN, 1958; MATOS *et al.*, 2017). Amostras de GO e o OGr foram caracterizadas por Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET), utilizando um microscópio JEOL JEM 1200EX-II.

O líquido iônico acetato de 1-butil-3-metilimidazólio foi doado pelo Prof. Dr. Luiz Pereira da Costa (Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas). A amostra foi caracterizada por Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) realizadas em um equipamento de modelo Varian 640-IR e por Espectroscopia Raman, usando um Bruker Optik GmbH com laser de diodo de 785 nm e intensidade do feixe de 100 mW.

2.2 Preparação dos Eletrodos de Pasta de Carbono (EPC) e Eletrodos Modificados (EM)

Para a preparação do EPC, foi utilizada uma proporção de 7:3 (m/m) de grafite em pó e óleo mineral. A mistura foi homogeneizada manualmente por 20 minutos com auxílio de almofariz e pistilo de ágata, a fim de obter uma pasta de aspecto homogêneo. O modo de preparo dos eletrodos modificados foi o mesmo, com variações das massas de grafite e óleo mineral. O eletrodo de pasta de carbono modificado com BMIMAc (EM/LI) foi preparado através da mistura de 7:2,5:27,5 (m/m/m) de grafite, BMIMAc e óleo

mineral, respectivamente. O eletrodo modificado com OGr foi obtido pela mistura de 6:10:3 (m/m/m) de grafite, OGr e óleo mineral, respectivamente. O eletrodo modificado com o material compósito foi preparado pela mistura de grafite, do LI BMIMAc, OGr e óleo mineral e nas proporções de 6:2,5:10:27,5 (m/m/m/m), respectivamente. Após a etapa de homogeneização, as pastas foram introduzidas em uma seringa de polipropileno ($\phi_{\text{int}} = 4,8$ mm) e um fio de cobre ($\phi_{\text{int}} = 3,0$ mm) foi utilizado para estabelecer o contato elétrico entre a pasta e o equipamento de análise.

2.3 Análise eletroquímica

A voltametria de pulso diferencial (VPD) foi empregada para a análise do comportamento do EPC e dos EMs frente a uma solução de $1,00 \times 10^{-4}$ mol L⁻¹ CPX. As medidas foram realizadas em um Potenciostato/Galvanostato modelo PGSTAT 100N da Metrohm Autolab, controladas com o *software* NOVA 2.1.3. Os parâmetros do meio eletrolítico foram investigados, variando a solução do eletrólito suporte entre tampão fosfato e tampão BR e faixa de pH de 3,00 a 7,00. O intervalo de pré-concentração também foi avaliado no intervalo de 30 s a 30 min, usando duas faixas de concentração de CPX, $1,00 \times 10^{-4}$ mol L⁻¹ e $1,00 \times 10^{-5}$ mol L⁻¹. Já na otimização da técnica, foram avaliados a velocidade de varredura (v) na faixa de 5 – 30 mV s⁻¹, a amplitude do pulso no intervalo de 20 – 70 mV e o tempo de pulso variando de 5 – 70 ms.

2.4 Curva de Calibração

Para averiguar a linearidade do método proposto, foi construída uma curva analítica utilizando o eletrodo EM/OGr-LI para a determinação de CPX na faixa de concentração de $6,99 \times 10^{-9}$ – $9,99 \times 10^{-5}$ mol L⁻¹, sob as condições de análise otimizadas. A avaliação da precisão do método foi realizada utilizando análises de reprodutibilidade e da repetibilidade. Para a reprodutibilidade, foram preparados seis eletrodos EM/OGr-LI com as mesmas proporções dos modificantes; para a repetibilidade foram realizadas cinco medidas com um mesmo eletrodo EM/OGr-LI.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Microscopia Eletrônica de Transmissão do OG e OGr

As imagens de microscopia eletrônica de transmissão do óxido de grafeno e do óxido de grafeno reduzido são mostradas na Figura 1. Em (a) é possível observar regiões mais escuras devido à maior dispersão do feixe de elétrons em regiões mais espessas, onde há a sobreposição das camadas do OG (KRUMEICH, 2018). Ainda é possível observar tamanhos e formatos irregulares com folhas lisas em consequência da esfoliação diante da presença de grupos oxigenados no OG (AZIZ *et al.*, 2014). De acordo com Ramos-Galicia *et al.* (2013), essa morfologia fornece estabilidade ao OG e evita o colapso da estrutura e

o retorno à estrutura grafitica.

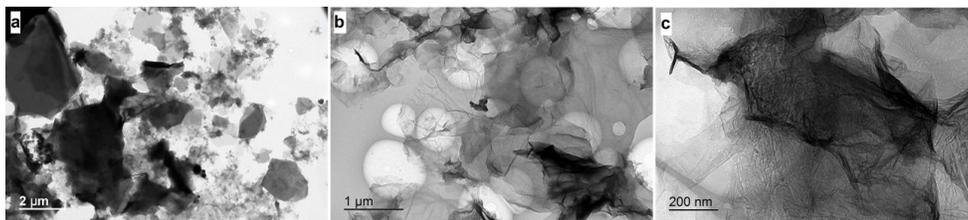


Figura 1. Microscopia eletrônica de transmissão do (a) OG e (b-c) OGr.

Em (b) e (c), é possível observar as características morfológicas de folhas com alto grau de transparência devido à sua semelhança com o grafeno, que é constituído por uma monocamada plana de hexágonos de carbonos com hibridização sp^2 . Além disso, a superfície rugosa possibilita o dobramento das folhas (LORYUENYONG *et al.*, 2013; ORTOLANI *et al.*, 2012), proporcionando um aspecto de folhas amassadas.

3.2 Espectroscopia Vibracional na Região do Infravermelho e Raman

As análises de FTIR no modo de reflexão total atenuada (ATR) e Raman para o líquido iônico BMIMAc, foram obtidos na faixa de 567,0 a 3116,3 cm^{-1} (Figura 2).

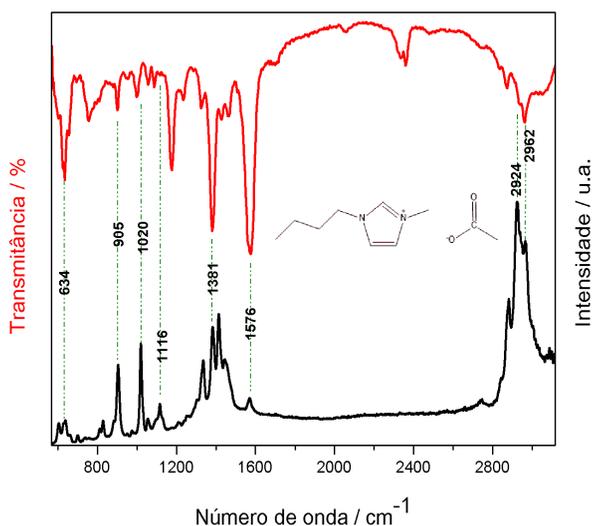


Figura 2. Espectros de infravermelho e Raman do BMIMAc.

A partir dos espectros da Figura 2, é possível observar se que o LI apresentou bandas características dos íons acetato e N,N-alquilimidazólio. As bandas 634 cm^{-1} e 905 cm^{-1}

correspondem aos modos de dobramento O-C-O e ao estiramento C-C do ânion acetato. Já as atribuições que mais caracterizam o cátion N,Nalquilimidazólio foram evidenciadas em 1020 cm^{-1} e 1576 cm^{-1} , que se referem aos modos de estiramento C-N e de dobramentos C-N-C e C-H do anel imidazólio, além do estiramento C-H de CH_2 em 2924 cm^{-1} (CABAÇO *et al.*, 2012; PASCHOAL *et al.*, 2017; SHIFLETT *et al.*, 2008).

3.3 Desempenho Eletroquímico dos Eletrodos EPC e EMs

Na otimização do meio, foram avaliados eletrólitos, pH e tempo de pré-concentração, utilizando o eletrodo EM/OGr-LI (Figura 3), o qual exibiu maior sensibilidade na detecção da CPX em tampão Britton-Robinson pH 7,00 (Figura 3a). Conjuntamente, o eletrodo apresentou maior corrente de pico anódico (I_{pa}) da CPX, em relação ao EPC. É possível observar que os modificantes OGr e BMIMAc possuem uma interação sinérgica, resultando intensificação da I_{pa} , além de ter facilitado a reação em um potencial de oxidação menos positivo ($E_{pa} = +0,86\text{ V}$), isto é, menos energia foi necessária para promover a oxidação.

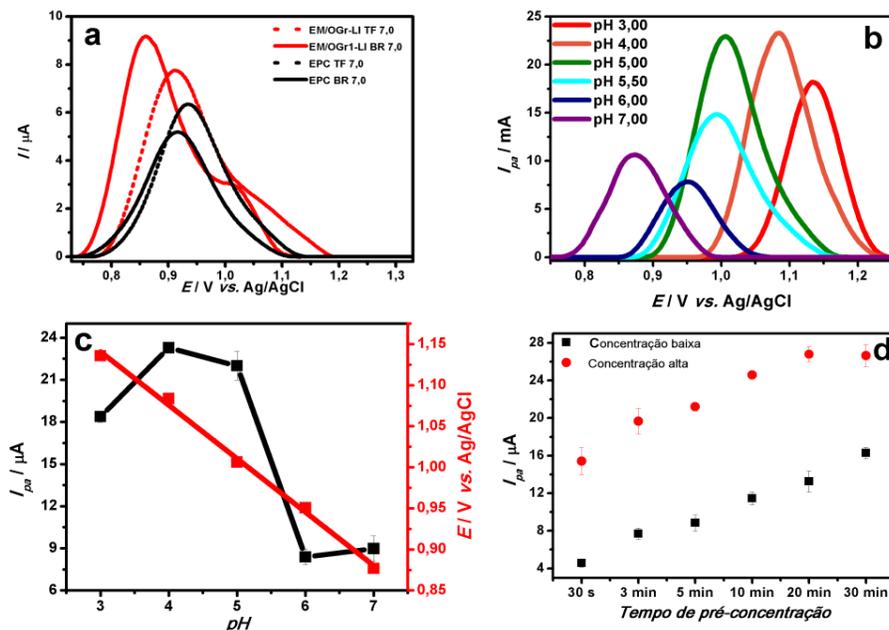


Figura 3. (a) Voltamogramas de Pulso Diferencial obtidos para o eletrodo EM/OGr-LI na presença de $1,00 \times 10^{-4}\text{ mol L}^{-1}$ de CPX, em soluções tampão (pH 7,00) fosfato e BR, (b) variando a faixa de pH 3,00 a 7,00, $v = 20\text{ mV s}^{-1}$, amplitude de pulso de 50 mV e tempo de pulso de 50 ms. (c) Correlação de I_{pa} e E_{pa} em função do pH e (d) I_{pa} pelo tempo de pré-concentração 30s - 30 min na presença de CPX $1,00 \times 10^{-4}$ e $1,00 \times 10^{-5}\text{ mol L}^{-1}$.

O efeito do pH da solução tampão BR no I_{pa} na oxidação de CPX $1,00 \times 10^{-4}\text{ mol L}^{-1}$ (Figura 3b) mostrou que as intensidades de I_{pa} foram maiores em pH abaixo de 6,00. Nessa

região, de acordo com o gráfico de distribuição de espécies de CPX (ROCA JALIL *et al.*, 2015), a molécula apresenta maior distribuição na sua forma protonada, contribuindo para o processo de oxidação, mais precisamente em pH 4,00 e pH 5,00. Ao passo que o pH foi aumentado, o E_{pa} de CPX deslocou linearmente para valores menos positivos (Figura 3c), resultando na equação da reta igual a $E_{pa} = -0,0651 \text{ pH} + 1,3363$ ($R^2 = 0,9966$). O coeficiente angular resultante foi igual a 0,0651 V/pH, que é um valor próximo ao valor teórico 0,0598 V/pH, indicando uma transferência igual de prótons e elétrons no processo de oxidação da CPX, correspondendo a dois prótons e dois elétrons.

Em relação ao tempo de pré-concentração do analito na superfície do eletrodo, é possível verificar que o I_{pa} se intensificou com o aumento do tempo de pré-concentração, evidenciando que a interação do analito com a superfície do eletrodo é favorecida com o tempo de contato de até 20 min em concentrações maiores de CPX. Já em concentração menor, a taxa de saturação tende a ocorrer acima dos 30 min (Figura 3d).

Na otimização dos parâmetros da técnica foram avaliadas a velocidade de varredura, a amplitude do pulso e o tempo de pulso (Figura 4a-c).

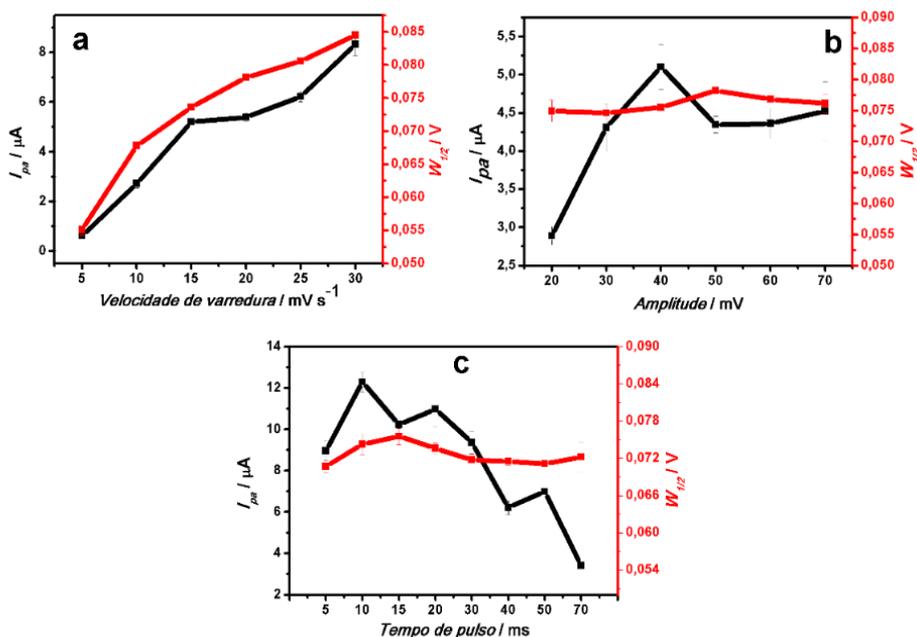


Figura 4. Gráficos das variações de I_{pa} e do $W_{1/2}$ em função da velocidade de varredura obtidos para o eletrodo EM/OGr-LI na presença de $1,00 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ de CPX em tampão BR (pH 5,00), tempo de pré-concentração 5 min, variando (a) a velocidade de varredura 5 - 30 mV s^{-1} , (b) a amplitude de pulso 20 - 70 mV e (c) o tempo de pulso 5 - 70 ms.

À medida que a velocidade de varredura aumentou, o valor de I_{pa} também se

intensificou. Entre as velocidades 15 e 20 mV s^{-1} não houve diferença significativa em relação às intensidades de I_{pa} (Figura 4a). Foi verificada também a largura à meia altura ($W_{1/2}$) dos picos, que contribuiu para uma melhor interpretação da seletividade do eletrodo. Como pode ser visto ainda na Figura 4a, ao passo que a velocidade de varredura aumentou, o $W_{1/2}$ aumentou, tornando os voltamogramas mais alargados. Diante disso, a velocidade escolhida foi a de 15 mV s^{-1} , pois apresenta um valor apreciável da I_{pa} e menor $W_{1/2}$. Em relação à amplitude de pulso, a intensidade de I_{pa} foi intensificada até 40 mV. Porém, mesmo que em amplitudes acima de 40 mV o I_{pa} tenha apresentado uma redução, o $W_{1/2}$ em 60 mV foi escolhido em virtude do deslocamento de potencial de oxidação para uma região menos positiva (Figura 4b). De acordo com os voltamogramas da Figura 4c, é possível observar que o aumento de tempo de pulso ocasionou a diminuição da intensidade de I_{pa} . Porém, utilizando o tempo de pulso de 20 ms, o I_{pa} e o $W_{1/2}$ apresentaram valores mais interessantes para a obtenção de um pico de melhor resolução, assegurando a seletividade do sinal referente à CPX.

3.4 Desenvolvimento da Curva Analítica

O método proposto foi aplicado para a determinação da ciprofloxacina, sob as condições de parâmetros otimizados. Na curva analítica apresentada na Figura 5a é possível averiguar que o aumento da concentração da solução padrão da CPX intensificou o valor de I_{pa} . Além disso, foram geradas duas regiões lineares, nas quais são possíveis realizar análises de detecção da CPX com o EM/OGrl-LI.

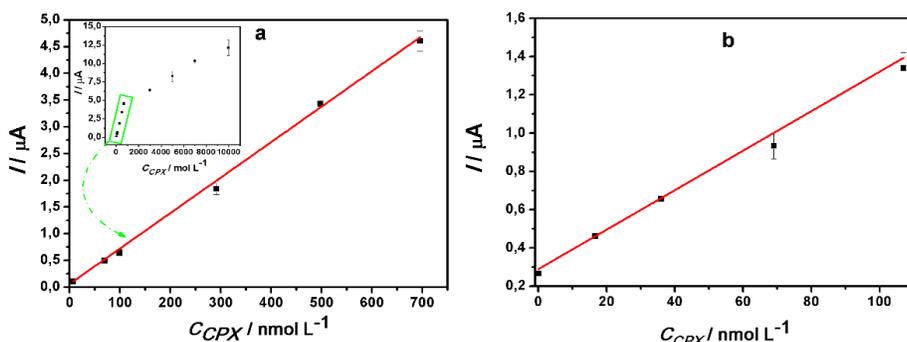


Figura 5. (a) Curva analítica a partir dos I_{pa} na oxidação da CPX em solução padrão na faixa de concentração 6,99 - 695,0 nmol L^{-1} . (b) Curva de adição de padrão da amostra real.

A equação da reta obtida na Figura 5a foi igual a $I_{pa} = 0,0623 + 6,635 [C_{CPX}]$, onde C_{CPX} corresponde à concentração da CPX, sendo a primeira faixa linear de 6,99 a 695,0 nmol L^{-1} ($R^2 = 0,9984$). O limite de detecção (LD) calculado foi de 4,21 $\times \text{nmol L}^{-1}$ e o limite de quantificação (LQ) calculado de 12,8 nmol L^{-1} , usando as seguintes relações: LD =

$3,3(S_d/b)$ e $LQ = 10(S_d/b)$, onde S_d é o desvio padrão do branco e b é a inclinação da curva analítica.

Na Figura 5b é possível verificar que com o aumento da concentração da CPX, a corrente de pico anódico também se intensifica. A curva analítica apresentou coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,9953. A reprodutibilidade apresentou um desvio padrão relativo (DPR) de 5,96% e a repetibilidade resultou em DPR igual a 1,12%. Portanto o método desenvolvido para o EM/OGr-LI confirmou uma boa precisão na detecção da CPX.

Desse modo, o eletrodo EM/OGr-LI se mostrou sensível à detecção da CPX em concentrações baixas, facilitada pelo estudo dos melhores parâmetros do meio eletrolítico e da técnica. Em comparação com outros sensores reportados pela literatura (ABDEL-HALEEM, RIZK & BADR, 2017; CARVALHO *et al.*, 2019; SHAMSIPUR *et al.*, 2014; YI & LI, 2007), o eletrodo desenvolvido neste trabalho mostrou-se promissor para aplicação de CPX em amostra real.

4 | CONCLUSÕES

As caracterizações dos materiais sintetizados indicaram a obtenção do óxido de grafeno reduzido (OGr) e do líquido iônico acetato de 1-metil-3-butilimidazólio (BMIMAc). O eletrodo EM/OGr-LI apresentou melhor reposta analítica para a detecção da CPX. As otimizações dos parâmetros do meio e da técnica possibilitaram a obtenção de baixos limites de detecção e quantificação, indicando a potencialidade do método desenvolvido para posteriores aplicações em amostras reais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq e à CAPES pelo apoio financeiro, à Associação Sergipana de Ciência (ASCI) pelo suporte ao bolsista Anderson A. C Alves, ao Núcleo Regional de Competência em Petróleo, Gás e Biocombustíveis de Sergipe (NUPEG/PETROBRAS/UFS) que aloca o Laboratório de Corrosão e Nanotecnologia (LCNT), ao Laboratório de Corrosão e Nanotecnologia (LCNT) e ao Centro laboratório de Química Multiusuário (CLQM) da Universidade Federal de Sergipe pelo suporte laboratorial.

REFERÊNCIAS

ABDEL-HALEEM, F. M.; RIZK, M. S.; BADR, I. H. A. Potentiometric Determination of Ciprofloxacin in Physiological Fluids Using Carbon Paste and Nano-Composite Carbon Paste Electrodes.

Electroanalysis, v. 29, n. 4, p. 1172–1179, 2017.

AZIZ, M.; HALIM, F. S. A.; JAAFAR, J. Preparation and characterization of graphene membrane electrode assembly. **Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)**, v. 69, n. 9, p. 11–14, 2014.

CABAÇO, M. I.; BESNARD, M.; DANTEN, Y.; COUTINHO, J. A. P. Carbon dioxide in 1-butyl-3-methylimidazolium acetate. I. Unusual solubility investigated by Raman spectroscopy and DFT calculations. **Journal of Physical Chemistry A**, v. 116, n. 6, p. 1605–1620, 2012.

CARVALHO, S.; SANTANA, T.; MATOS, C.; COSTA, L.; SUSSUCHI, E.; GIMENEZ, I. Synthesis of Hydrotalcite-Supported CdTe Semiconductor Nanocrystals for Electrochemical Detection of Ciprofloxacin. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 30, n. 6, p. 1266–1275, 2019.

CLAYTON, B. D.; STOCK, Y. N. **Farmacologia na Prática de Enfermagem**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

DEWITTE, B.; DEWULF, J.; DEMEESTERE, K.; VYVERE, V. VAN DE; WISPELAERE, P. DE; LANGENHOVE, H. VAN. Ozonation of ciprofloxacin in water: HRMS identification of reaction products and pathways. **Environmental Science and Technology**, v. 42, n. 13, p. 4889–4895, 2008.

EARLE, M. J.; ESPERANÇA, J. M. S. S.; GILEA, M. A.; LOPES, J. N. C.; REBELO, L. P. N.; MAGEE, J. W.; SEDDON, K. R.; WIDEGREN, J. A. The distillation and volatility of ionic liquids. **Nature**, v. 439, n. 7078, p. 831–834, 2006.

EZELARAB, H. A. A.; ABBAS, S. H.; HASSAN, H. A.; ABUO-RAHMA, G. E. D. A. Recent updates of fluoroquinolones as antibacterial agents. **Archiv der Pharmazie**, v. 351, n. 9, p. 1–13, 2018.

FENG, Y.; WANG, C.; LIU, J.; ZHANG, Z. Electrochemical degradation of 17- α -ethinylestradiol (EE2) and estrogenic activity changes. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 12, n. 2, p. 404–408, 2010.

FREEMANTLE, M. Designes solvents. **Chemical & Engineering News**, v. 76, n. 13, p. 32–37, 1998.

HE, Q.; LIU, J.; LIU, X.; LI, G.; DENG, P.; LIANG, J. Preparation of Cu₂O-reduced graphene nanocomposite modified electrodes towards ultrasensitive dopamine detection. **Sensors (Switzerland)**, v. 18, n. 1, p. 1–13, 2018.

HUMMERS JR, W. S.; OFFEMAN, R. E. Preparation of Graphitic Oxide. **J. Am. Chem. Soc.**, p. 1339, 26 fev. 1958.

KRUMEICH, F. **Introduction into Transmission and Scanning Transmission Electron Microscopy**. 1. ed. Zürich: Laboratory of Inorganic Chemistry, 2018.

LORYUENYONG, V.; TOTEPVIMARN, K.; EIMBURANAPRAVAT, P.; BOONCHOMPOO, W.; BUASRI, A. Preparation and characterization of reduced graphene oxide sheets via water-based exfoliation and reduction methods. **Advances in Materials Science and Engineering**, v. 2013, 2013.

MACFARLANE, D. R.; GOLDING, J.; FORSYTH, S.; FORSYTH, M.; DEACON, G. B. Low viscosity ionic liquids based on organic salts of the dicyanamide anion. **Chemical Communications**, v. 16, p. 1430–1431, 2001.

MATOS, C. R. S.; SOUZA, H. O.; SANTANA, T. B. S.; CANDIDO, L. P. M.; CUNHA, F. G. C.; SUSSUCHI, E. M.; GIMENEZ, I. F. Cd_{1-x}Mg_xTe semiconductor nanocrystal alloys: Synthesis, preparation of nanocomposites with graphene-based materials, and electrochemical detection of lidocaine and epinephrine. **Microchimica Acta**, v. 184, n. 6, p. 1755–1764, 2017.

NASCIMENTO, L. X.; ARAÚJO, R. T.; ALVAREZ, L. D. G. Contaminantes Orgânicos Emergentes : Impactos y Soluciones para la Salud Humana y el Medio Ambiente. **RECyT**, v. 17, n. 24, p. 28–34, 2015.

NISHIDA, T.; TASHIRO, Y.; YAMAMOTO, M. Physical and electrochemical properties of 1-alkyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate for electrolyte. **Journal of Fluorine Chemistry**, v. 120, n. 2, p. 135–141, 2003.

NODA, A.; HAYAMIZU, K.; WATANABE, M. Pulsed-gradient spin-echo ¹H and ¹⁹F NMR ionic diffusion coefficient, viscosity, and ionic conductivity of non-chloroaluminate room-temperature ionic liquids. **Journal of Physical Chemistry B**, v. 105, n. 20, p. 4603–4610, 2001.

ORTOLANI, L.; CADELANO, E.; VERONESE, G. P.; DEGLI ESPOSTI BOSCHI, C.; SNOECK, E.; COLOMBO, L.; MORANDI, V. Folded graphene membranes: Mapping curvature at the nanoscale. **Nano Letters**, v. 12, n. 10, p. 5207–5212, 2012.

OWENS, R. C.; AMBROSE, P. G. Antimicrobial Safety: Focus on Fluoroquinolones. **Clinical Infectious Diseases**, v. 41, n. Supplement_2, p. S144–S157, 2005.

PASCHOAL, V. H.; FARIA, L. F. O.; RIBEIRO, M. C. C. Vibrational Spectroscopy of Ionic Liquids. **Chemical Reviews**, v. 117, n. 10, p. 7053–7112, 2017.

PENG, X.; HU, F.; HUANG, J.; WANG, Y.; DAI, H.; LIU, Z. Preparation of a graphitic ordered mesoporous carbon and its application in sorption of ciprofloxacin: Kinetics, isotherm, adsorption mechanisms studies. **Microporous and Mesoporous Materials**, v. 228, p. 196–206, 2016.

PEREIRA, A. C.; SANTOS, A. DE S.; KUBOTA, L. T. Tendências em Modificação de Eletrodos amperométricos para Aplicações Eletroanalíticas. **Química Nova**, v. 25, n. 6, p. 1012–1021, 2002.

PETRIE, B.; BARDEN, R.; KASPRZYK-HORDERN, B. A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: Current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. **Water Research**, v. 72, n. 0, p. 3–27, 2014.

PHAM, T. S. H.; MAHON, P. J.; LAI, G.; YU, A. Reduced Graphene Oxide Nanocomposite Modified Electrodes for Sensitive Detection of Ciprofloxacin. **Electroanalysis**, v. 30, n. 9, p. 2185–2194, set. 2018.

ROCA JALIL, M. E.; BASCHINI, M.; SAPAG, K. Influence of pH and antibiotic solubility on the removal of ciprofloxacin from aqueous media using montmorillonite. **Applied Clay Science**, v. 114, p. 69–76, 2015.

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, p. 121334, dez. 2020.

SEDDON, K. R.; STARK, A.; TORRES, M.-J. Influence of chloride, water, and organic solvents on the physical properties of ionic liquids. **Pure and Applied Chemistry**, v. 72, n. 12, p. 2275–2287, 2000.

SHAMSIPUR, M.; GHOLIVAND, M. B.; DEHDASHTIAN, S.; FEYZI, M.; JAFARI, F. Synthesis of Co/TiO₂ nanocomposite and its use in construction of a sensitive and selective sensor for determination of ciprofloxacin. **Advanced Materials Research**, v. 829, p. 563–567, 2014.

SHIFLETT, M. B.; KASPRZAK, D. J.; JUNK, C. P.; YOKOZEKI, A. Phase behavior of {carbon dioxide + [bmim][Ac]} mixtures. **Journal of Chemical Thermodynamics**, v. 40, n. 1, p. 25–31, 2008.

WANG, Z.; ZHANG, D.; XIAO, X.; SU, C.; LI, Z.; XUE, J.; HU, N.; PENG, P.; LIAO, L.; WANG, H. A highly sensitive and selective sensor for trace uranyl (VI) ion based on a graphene-coated carbon paste electrode modified with ion imprinted polymer. **Microchemical Journal**, v. 155, n. November 2019, p. 104767, 2020.

WASSERSCHEID, P.; KEIM, W. Ionic Liquids-New “solutions” for Transition Metal Catalysis. **Chem. Int. Ed.**, v. 39, p. 3772–3789, 2000.

XU, C.; XU, B.; GU, Y.; XIONG, Z.; SUN, J.; ZHAO, X. S. Graphene-based electrodes for electrochemical energy storage. **Energy and Environmental Science**, v. 6, n. 6, p. 1388–1414, 2013.

YANES, E. G.; GRATZ, S. R.; BALDWIN, M. J.; ROBISON, S. E.; STALCUP, A. M. Capillary electrophoretic application of 1-Alkyl-3-methylimidazolium-based ionic liquids. **Analytical Chemistry**, v. 73, n. 16, p. 3838–3844, 2001.

YI, H.; LI, C. Voltammetric determination of ciprofloxacin based on the enhancement effect of cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) at carbon paste electrode. **Russian Journal of Electrochemistry**, v. 43, n. 12, p. 1377–1381, 2007.

ZARBIN, A. J. G.; OLIVEIRA, M. M. Nanoestruturas De Carbono (Nanotubos, Grafeno): Quo Vadis? **Quimica Nova**, v. 36, n. 10, p. 1533–1539, 2013.

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
- 📘 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

