

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 Alfenas

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 8

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

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 16/11/2020

Mércia Vieira da Silva Sant'Anna

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

Ava Gevaerd

Universidade Federal do Paraná
Departamento de Química
Curitiba – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/5021413321234982>

Jonatas de Oliveira Souza Silva

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

Lucas dos Santos Lima

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

José Fernando de Macedo

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

Michael Douglas Santos Monteiro

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

Alberto Wisniewski Jr

Universidade Federal de Sergipe
Programa de Pós-Graduação em Química
São Cristóvão – Sergipe
<http://lattes.cnpq.br/3060823745804732>

Márcio Fernando Bergamini

Universidade Federal do Paraná
Departamento de Química
Curitiba – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6463780458075153>

Eliana Midori Sussuchi

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

RESUMO: O biocarvão é um material carbonáceo que possui grupos funcionais de superfície. A ativação química do biocarvão pode formar superfícies mais ricas em grupos funcionais, resultando em maior interação com os analitos. A aplicação de biocarvão como modificador de eletrodos tem sido bem-sucedida, promovendo aos dispositivos alta seletividade e baixos limites de detecção. A combinação de biocarvão com nanoestruturas, como o óxido de grafeno reduzido (RGO), pode elevar a capacidade do sensor eletroquímico na pré-concentração de espécies de interesse. Neste trabalho, amostras de biocarvão (B) e biocarvão ativado (AB), juntamente com o RGO, foram usadas no desenvolvimento de eletrodos modificados para a detecção eletroquímica sensível do pesticida paraquat. Amostras de biocarvão, obtidas sob

temperaturas de 400 °C, 500 °C e 600 °C, foram ativadas pós-pirólise com uma solução de HNO₃. O processo de ativação resultou no aumento de grupos funcionais ácidos oxigenados e grupos nitrogenados. O desempenho eletroquímico dos eletrodos modificados com RGO e amostras de biocarbão foi avaliado na presença de paraquat (PQ) por Voltametria de Pulso Diferencial. O eletrodo modificado com o material híbrido contendo biocarbão ativado (EPC-RGO/B4A) apresentou melhor resposta analítica para o pico de redução do PQ. O desempenho do método desenvolvido foi avaliado por meio da curva analítica usando as condições otimizadas de análise e resultou em um limite de detecção (LD) de 7,4 nmol L⁻¹ e limite de quantificação (LQ) de 22,6 nmol L⁻¹. Esses resultados configuram a criação de um método promissor para a determinação de paraquat.

PALAVRAS-CHAVE: Biocarbão ativado, Aguapé, Sensor eletroquímico, Pesticida.

ACTIVATED BIOCHAR AND REDUCED GRAPHENE OXIDE APPLIED IN ELECTROCHEMICAL SENSOR FOR THE PARAQUAT DETECTION

ABSTRACT: Biochar is a carbonaceous material and usually show functional surface groups. The chemical activation of the biochar can form surfaces rich in functional groups to intensify the interaction with the analyte. The application of biochar as an electrode modifier has been successful, promoting high selectivity and lower detection limits to the devices. The combination of biochar and carbonaceous nanostructures, as reduced graphene oxide (RGO), may further enhance the capacity of the electrochemical sensor in the preconcentration of species of interest. In this work, precursor (B) and activated (AB) biochar samples, and RGO were used for the construction of modified carbon paste electrodes and were applied for the sensitive electrochemical detection of paraquat pesticide. Precursor biochar samples, obtained at temperatures of 400 °C, 500 °C, and 600 °C, were activated post-pyrolysis with HNO₃ solution. The activation process resulted in the increment of oxygenated acidic functional groups, and nitrogenated groups. The performance of the electrodes modified with RGO and biochar samples was evaluated in the presence of paraquat (PQ) by Differential Pulse Voltammetry. The electrodes modified with the composite material containing activated biochar (EPC-RGO/B4A) showed higher relative electrochemical responses. An analytical method was developed using optimal conditions of analysis, resulting in limit of detection (LOD) of 7.4 nmol L⁻¹ and limit of quantification (LOQ) of 22.6 nmol L⁻¹. These results configure a promising method for determining paraquat.

KEYWORDS: Activated biochar, Aguapé, Electrochemical sensor, Pesticides.

1 | INTRODUÇÃO

Diversos materiais carbonáceos têm ganhado destaque na literatura por serem obtidos de forma relativamente simples e possuem aplicabilidade em diversas áreas do conhecimento. Neste trabalho, destacamos o Biocarbão e o Óxido de Grafeno Reduzido (RGO) como materiais carbonáceos potencialmente aplicáveis no desenvolvimento de sensores eletroquímicos (GÖDE et al., 2017; XIANG et al., 2018).

O biocarbão é o produto sólido obtido por meio da pirólise de biomassa, empregando temperaturas iguais ou superiores a 250 °C, sob atmosfera restrita de oxigênio (LEHMANN,

J.; JOSEPH, 2012). As propriedades do biocarvão dependem basicamente do tipo de biomassa utilizada e da temperatura de pirólise, culminando em estruturas variáveis de teor de carbono e natureza diversificada de grupos funcionais de superfície (ZHAO et al., 2013). Há diversas fontes de biomassa que podem ser usadas para a produção de biocarvão, dentre as quais, podem-se destacar as plantas aquáticas, como a Aguapé (*Eichhornia crassipes*). A grande disponibilidade dessa planta, dada a sua rápida proliferação em rios e lagos, faz dela uma fonte de biomassa renovável (BORDOLOI et al., 2019; DOUMER et al., 2015). Além disso, o processo de produção de biocarvão promove o sequestro de carbono, o que é ambientalmente amigável.

Após o processo de pirólise, é obtido um material com propriedades adsorventes. A literatura relata que essa capacidade adsorptiva do biocarvão pode ser potencialmente melhorada por meio de um processo de ativação, geralmente empregando agentes químicos (KALINKE et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2017; PENG; LANG; WANG, 2016). O biocarvão ativado, de modo geral, garante uma maior interação com diversas espécies orgânicas ou inorgânicas, devido à maior funcionalização da superfície pelo aumento ou inserção de novos grupos funcionais (como grupos oxigenados e nitrogenados). Além disso, pode haver um aumento da área superficial do biocarvão ativado ocasionado por um desgaste físico provocado por agentes ácido ou básico durante o processo de ativação (BOGUTA et al., 2019; KALINKE et al., 2017).

O óxido de grafeno reduzido pode ser obtido por meio de processos de esfoliação do grafite, empregando agentes oxidantes e mecanismos físicos para obter o óxido de grafeno (GO). Em seguida, um agente redutor é usado para promover a redução dos grupos funcionais do GO, resultando, assim, no RGO (DREYER et al., 2010). Esse nanomaterial tem uma ampla área superficial, alta condutividade e possui estrutura de carbonos com hibridização sp^2 , capaz de promover interações do tipo p-p (XU et al., 2013). A grande versatilidade do grafeno e seus derivados GO e RGO faz com que eles possam se ligar ou interagir com diversas moléculas ou compostos metálicos (LI et al., 2019).

Tanto as propriedades do biocarvão ativado quanto as do RGO podem facilitar as interações com moléculas de paraquate, de diversas formas. Neste sentido, interações intermoleculares, a exemplo de ligação de Hidrogênio, interações do tipo π - π e, até mesmo, mecanismos de adsorção física podem ocorrer com o material híbrido biocarvão-RGO (OLIVEIRA et al., 2017; SANT'ANNA et al., 2020).

O Paraquate PQ é um herbicida amplamente usado em diversas culturas, caracterizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) como altamente persistente e tóxico, enquadrando-se no nível de toxicidade I, o mais alto (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA), [s.d.]). Atualmente a importação, produção, distribuição e comercialização de paraquate no Brasil está suspensa, salve uso de estoque remanescente até julho de 2021 (MAPA CANCELA REGISTRO DE PRODUTOS TÉCNICOS À BASE DE PARAQUATE – NOTÍCIAS – ANVISA, [2020]). Dessa forma, o seu

monitoramento em diversos compartimentos ambientais e nos alimentos é relevante, de modo a identificar eventuais níveis de PQ que excedam os Limites Máximos de Resíduo.

Ainda são desconhecidos estudos eletroquímicos que empreguem o material híbrido biocarvão ativado-RGO, fazendo desta uma pesquisa pioneira no desenvolvimento e aplicação de eletrodos modificados com esses materiais.

2 | SEÇÃO EXPERIMENTAL

2.1 Preparação e caracterização de amostras de biocarvão precursor e ativado

As amostras de biomassa e biocarvão de Aguapé foram fornecidas pelo Grupo de Pesquisa em Petróleo e Energia da Biomassa – PEB (Universidade Federal de Sergipe). Foram realizadas pirólises a 400 °C, 500 °C e 600 °C usando um reator de forno rotativo sob condições experimentais conforme descrito na literatura (SANTANA; APOLÔNIO; WISNIEWSKI, 2020). As amostras de biocarvão obtidas foram denominadas de B4 (400 °C), B5 (500 °C) e B6 (600 °C). Após a pirólise, as amostras foram lavadas com água ultrapura para remoção de impurezas solúveis até que uma água incolor fosse observada no descarte, e, em seguida, secas em estufa a 100 °C por 24 h. O processo de ativação foi realizado com solução de HNO₃ (50% v/v) (KALINKE et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2017). A solução ácida foi adicionada a 1 g de biocarvão precursor e a dispersão foi inserida em um sistema de refluxo a 60 °C, por 3 h, sob agitação contínua. Em seguida, o material foi filtrado em sistema a vácuo, lavado com água destilada até o pH do filtrado estabilizar entre 6 e 7 e seco em estufa a 100 °C por 24 h. As amostras de biocarvão ativado foram chamadas de B4A, B5A e B6A, respectivamente. Todas as amostras foram caracterizadas por análises de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) realizadas em um equipamento de modelo Varian 640-IR, em pastilha de KBr. A determinação de grupamentos ácidos totais foi realizada por titulações potenciométricas pelo método de Boehm (GOERTZEN et al., 2010). Imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foram obtidas utilizando o TESCAN VEGA-3 LMU, sob condição de vácuo, e 15 kV de aceleração do feixe de elétrons.

2.2 Síntese e caracterização de óxido de grafeno reduzido

Inicialmente, o óxido de grafeno (GO) foi sintetizado pela metodologia de esfoliação do grafite, seguindo o método Hummers modificado descrito na literatura (SANTANA et al., 2019). Pó de grafite e permanganato de potássio foram misturados na proporção de 1:3 (m/m) e, em seguida, a mistura foi agitada em um banho de gelo. Depois, ácido sulfúrico concentrado foi adicionado lentamente por 1 h, resultando em uma pasta preta. Ao final, água ultrapura foi adicionada lentamente ao recipiente sob agitação. Em seguida, a mistura foi colocada em banho de glicerina a 90 °C por 1 h. O produto obtido foi lavado com água

ultrapura e centrifugado. O processo de redução do GO foi realizado com ácido ascórbico na proporção de 1:10 (m/m) em meio aquoso por 48 h, sob agitação, à temperatura ambiente. A suspensão obtida foi centrifugada e o precipitado (RGO) foi armazenado a 4 °C. As amostras de GO e RGO foram caracterizadas por Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET), Espectroscopia Raman usando um Bruker Optik GmbH com laser de diodo de 785 nm e intensidade do feixe de 100 mW, e Espectroscopia Ultravioleta-Visível (UV-VIS) usando um Espectrofotômetro UV-Visível CARY e 100 Scan.

2.3 Eletrodos de pasta de carbono modificados

Os eletrodos foram modificados com amostras de biocarbão (B) ou biocarbão ativado (BA) e RGO. O modo de preparo ocorreu da seguinte forma: primeiro, deve-se considerar frações de X e Y como sendo X% (m/m) de biocarbão (B ou BA) e Y% (m/m) de RGO. Uma proporção de 70-XY% (m/m) de grafite foi pesada juntamente com 30% (m/m) de óleo mineral, X% (m/m) de biocarbão (B ou BA) e Y% (m/m) de RGO. A mistura foi usada para construir os eletrodos de pasta de carbono modificados (EPCMs). As frações X e Y foram variadas igualmente da seguinte forma: X e Y = 5%, 10%, 15% e 20%. A mistura foi macerada manualmente até a obtenção de uma pasta homogênea, utilizando almofariz e pistilo de ágata. Em seguida, a pasta foi colocada em um tubo de polipropileno ($\phi_{\text{int}} = 4,8$ mm) contendo um fio de cobre ($\phi_{\text{int}} = 3,0$ mm) como contato elétrico. Para comparação, foi utilizado um eletrodo de pasta de carbono sem modificação (EPC), que consistia em uma mistura de pó de grafite 70% (m/m) e 30% (m/m) de óleo mineral, e dois eletrodos modificados com óxido de grafeno reduzido (EPC-RGO) e biocarbão (EPC-B4A) foram preparados com uma proporção de 15% (m/m) de cada modificador.

2.4 Procedimento eletroquímico e curva analítica

As medidas de Voltametria de Pulso Diferencial (VPD) foram realizadas usando um Potenciostato/Galvanostato modelo PGSTAT 100N da Metrohm Autolab e controladas com *software* NOVA 2.1.4. As análises foram realizadas em célula eletroquímica convencional de 15,0 mL, utilizando CPE ou MCPEs como eletrodos de trabalho, fio de platina como eletrodo auxiliar e Ag/AgCl (3,0 mol L⁻¹ KCl) como eletrodo de referência. O procedimento voltamétrico foi usado para detectar o sinal de redução PQ.

As soluções foram preparadas com água ultrapura obtida do sistema Milli-Q® da Merc Millipore. A solução estoque individual (10,0 mmol L⁻¹) de PQ foi preparada por diluição do analito sólido padrão em água ultrapura e as soluções menos concentradas foram preparadas por diluições adequadas. A metodologia *ex-situ* foi seguida com base na etapa de pré-concentração espontânea do paraquate separadamente da célula eletroquímica (SANT'ANNA et al., 2020). A pré-concentração de 10,0 mmol L⁻¹ de PQ na superfície do eletrodo foi realizado em solução eletrolítica adequada sob condição de potencial de circuito aberto (OCP), inicialmente por 3 min. Sequencialmente, o eletrodo foi cuidadosamente

lavado, seco e transferido para a célula eletroquímica contendo uma solução tampão para as medidas voltamétricas. Por fim, o eletrodo foi enxaguado com água destilada e sua superfície foi facilmente renovada por polimento mecânico em papel filtro após cada medição.

A curva analítica foi realizada em uma faixa de concentração de PQ de 0,05 a 9,0 mmol L⁻¹ usando as condições otimizadas de análise. Os limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) foram calculados usando as seguintes relações: $LD = 3,3(S_d/b)$ and $LQ = 10(S_d/b)$, onde S_d é o desvio padrão do branco e b é a inclinação da curva analítica.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização estrutural e morfológica do biocarvão, GO e RGO

Os espectros de FTIR obtidos para amostras de biomassa e biocarvão de Aguapé mostraram bandas típicas para esses materiais carbonáceos e são apresentados na (Figura 1).

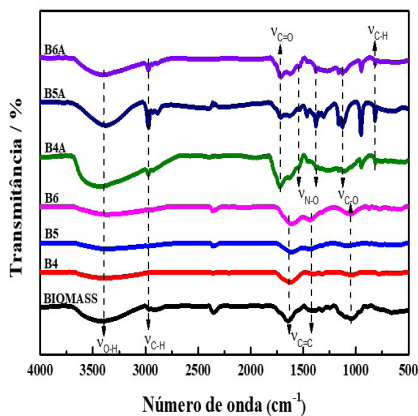


Figura 1: Espectros de FTIR da biomassa de Aguapé, amostras de biocarvão B4, B5, B6 e biocarvão ativado B4A, B5A e B6A.

Todas as amostras apresentaram bandas características de grupos oxigenados, representados pelo estiramento O-H em aproximadamente 3388 cm⁻¹. Compostos aromáticos presentes na biomassa e amostras de biocarvão precursor (B4, B5 e B6) podem ser confirmados pelo estiramento C=C e pela deformação fora do plano de C-H em 1600 cm⁻¹ e 750 cm⁻¹, respectivamente. A banda O-H associada ao estiramento C-O em 1070 cm⁻¹ está relacionada aos polissacarídeos presentes na biomassa e nas amostras de B4, B5 e B6. A funcionalização realizada por tratamento químico das amostras de biocarvão promoveu o surgimento de outras bandas na região entre 1720 cm⁻¹ a 815 cm⁻¹. A inserção de

novos grupamentos oxigenados foi observada pela presença do estiramento C=O em 1720 cm^{-1} associada a ácidos carboxílicos (BOGUTA et al., 2019). O estiramento C-O alifático, característico da biomassa e biocarvão precursores, foi deslocado de 1051 cm^{-1} para 1125 cm^{-1} nas amostras do biocarvão ativado, podendo estar relacionado à presença de grupos aromáticos com ligações -C-O-C-. A presença do grupo nitro ($-\text{NO}_2$) nas amostras ativadas foi observada pelo aparecimento do modo de estiramento simétrico e assimétrico do N-O em aproximadamente 1536 cm^{-1} e 1380 cm^{-1} (KALINKE et al., 2017). A presença de bandas C-H em aproximadamente 2970 cm^{-1} e um modo de deformação fora do plano em 810 cm^{-1} são características de carbono aromático nas amostras de biocarvão ativado (LIU et al., 2018). Uma maior concentração de grupos funcionais contendo oxigênio e nitrogênio nas amostras ativadas pode potencializar processos de interação eletrostática e interações de ligações de hidrogênio. Além disso, a presença de estrutura aromática nas amostras de biocarvão podem favorecer interações do tipo π - π .

O aumento de grupos reativos nas amostras de biocarvão ativado foi comprovado através do método da titulação de Boehm, que determina a presença de grupos ácidos totais, correspondendo aos ácidos carboxílico, fenólico e lactônico. A determinação desses grupamentos em amostras de biocarvão está diretamente associada à presença de grupos oxigenados superficiais (GOERTZEN et al., 2010) agitation method, endpoint determination, etc.. Todas as amostras de biocarvão ativado apresentam maior quantidade de grupos ácido totais em relação aos seus biocarvão precursores, indicando que a ativação promoveu a inserção de novos grupamentos nas superfícies dos biocarvoões. A quantidade de grupos ácidos para a amostra B4A foi de 9,96 mmol g^{-1} , enquanto que para a amostra B4, foi de 7,28 mmol g^{-1} . A disponibilidade dos grupos ácidos diminuiu de forma decrescente da menor para a maior temperatura de pirólise, tanto para os biocarvoões precursores, quanto para os ativados, inferindo que quanto maior a temperatura de pirólise empregada na obtenção do biocarvão, mais recalcitrante torna-se o produto.

As imagens de MEV das amostras de biocarvão B4 e B4A, mostradas na Figura 2, revelam que a superfície de amostra de biocarvão ativado (B4A) apresenta tamanhos de partículas menores em comparação ao biocarvão precursor (B4). O processo de ativação ácida com HNO_3 pode promover um “efeito erosivo” na estrutura carbonácea e contribuir para o aumento da área superficial e do volume e diâmetro dos poros (BOGUTA et al., 2019; KALINKE et al., 2017).

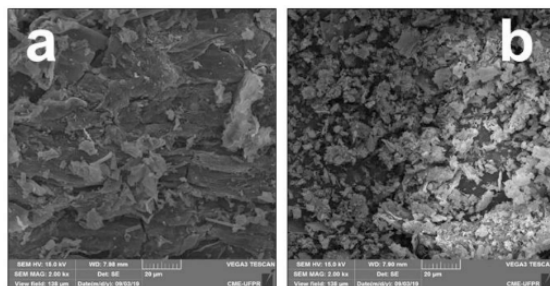


Figura 2: Imagens de MEV das amostras de biocarvão B4 e B4A.

As amostras GO e RGO foram caracterizadas por microscopia eletrônica de transmissão, UV-VIS e espectroscopia Raman (Figura 3). As imagens de MET do GO (Figura 3a) mostraram uma morfologia mais densa, enquanto que para o RGO (Figura 3b) mostrou folhas com dobramentos, transparência e nanoestrutura com poucas camadas.

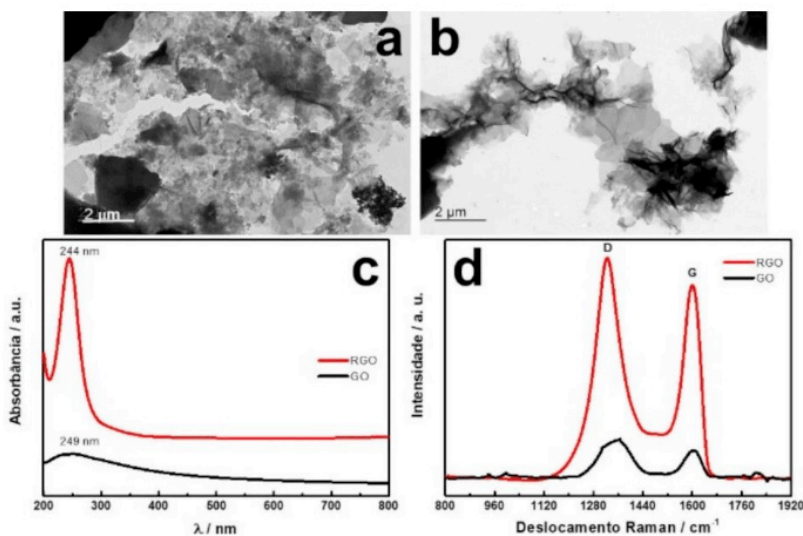


Figura 3: Imagens de MET do GO (a) e RGO (b). Espectros de UV-VIS (c) e Raman do GO e RGO (d).

A espectroscopia de UV-VIS (Figura 3c) mostrou que GO tem um comprimento de onda em 249 nm característico de transições $\pi \rightarrow \pi^*$ devido à presença de carbono aromático sp^2 . O espectro do RGO apresentou um comprimento de onda mais intenso em 244 nm, devido à restauração das ligações C=C pelo processo de redução com o ácido ascórbico (GEBREEGZIABHER et al., 2019; KANYONG; RAWLINSON; DAVIS, 2016). Os espectros Raman mostraram bandas D e G características (Figura 3d). A presença da

banda D está associada a defeitos de superfície devido à presença de grupos oxigenados e vacâncias da rede de carbono, em virtude do processo de redução. A banda G refere-se a vibrações no plano da ligação C=C (GEBREEGZIABHER et al., 2019). O aumento da intensidade da banda G no RGO corresponde a um maior domínio de carbono sp^2 pela restauração do sistema p-conjugado. Uma razão $I_D/I_G = 1,42$ foi encontrada para GO e um valor $I_D/I_G = 1,12$ para RGO, inferindo uma estrutura mais ordenada e com menos defeitos para o RGO.

3.2 Comportamento eletroquímico dos eletrodos modificados e estudos de otimização

Um estudo foi desenvolvido para avaliar o efeito da ativação no desempenho voltamétrico das amostras de biocarvão. Para isso, a capacidade dos eletrodos modificados com o material híbrido biocarvão-RGO na pré-concentração do pesticida PQ foi avaliada. A etapa de pré-concentração foi realizada em tampão acetato (pH 6,0) contendo PQ ($10,0 \mu\text{mol L}^{-1}$) por 3 min sob condição de OCP usando diferentes eletrodos, variando entre as amostras de biocarvão precursor e biocarvão ativado (Figura 4a).

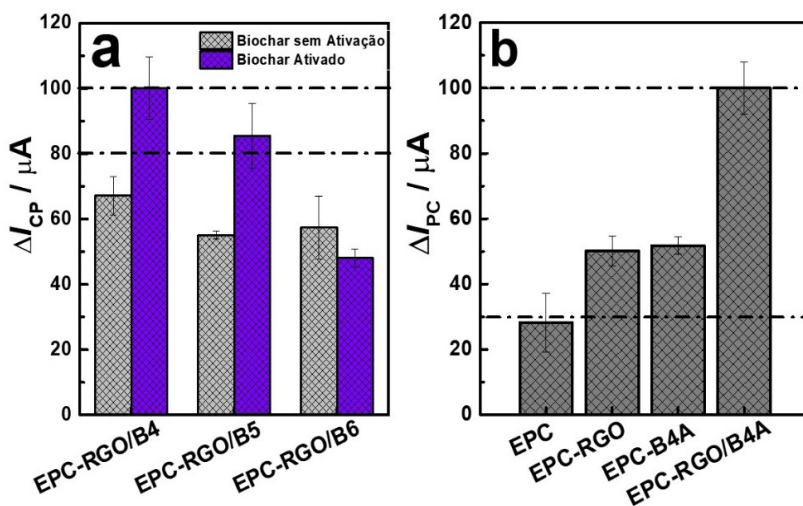


Figura 4: Avaliação da resposta eletroquímica, em intensidade de corrente relativa ($\Delta I/\%$), dos eletrodos modificados com os materiais híbridos RGO-biocarvão na detecção de PQ (a). Comparação da resposta eletroquímica do eletrodo EPC-RGO/B4A frente aos eletrodos modificados com RGO e B4A separadamente e ao eletrodo sem modificação (EPC).

É possível observar que as amostras ativadas apresentaram uma melhor resposta quando comparadas às amostras precursoras, o que sugere que, conforme já descrito na literatura, o tratamento da superfície do biocarvão melhora as respostas dos eletrodos construídos com tais materiais (KALINKE et al., 2020). Além disso, os eletrodos EPC-RGO/

B4A e EPC-RGO/B5A apresentaram desempenho superior, cerca de 80%, demonstrando que as amostras B4A e B5A contribuíram para interações mais significativas entre a superfície do eletrodo e as moléculas de PQ. Essa melhora pode ser atribuída à maior quantidade de grupos oxigenados presentes nessas amostras, identificados pelo método de Boehm. Para seguir com o desenvolvimento de um método analítico, o eletrodo EPC-RGO/B4A foi escolhido para estudos posteriores por sua maior intensidade relativa de I_{PQ} (Figura 4a).

A partir disso, foi realizado um estudo comparativo para avaliar o perfil voltamétrico do analito usando diferentes eletrodos: um eletrodo de pasta de carbono não modificado (CPE), um eletrodo de pasta de carbono modificado com RGO (EPC-RGO), um eletrodo de pasta de carbono modificado com biocarvão ativado B4A (EPC-B4A), e o dispositivo proposto, o eletrodo híbrido EPC-RGO/B4A. Os resultados obtidos para este estudo estão apresentados na (Figura 4b). Todos os eletrodos modificados apresentaram melhor resposta quando comparados ao EPC, sugerindo que a presença de modificadores na superfície do eletrodo altera a interface do eletrodo, melhorando sua reatividade, aumentando assim os sinais obtidos. Para ambos os eletrodos, modificados com RGO e B4A separadamente, as respostas obtidas atingem cerca de 50% do sinal alcançado pelo o dispositivo proposto. A interação sinérgica entre RGO e B4A no eletrodo EPC-RGO/B4A contribuiu para aumentar a capacidade de detecção de PQ, com mais de 70% quando comparado ao EPC (Figura 4b). Esta melhoria do sinal pode ser atribuída à maior disponibilidade de grupos funcionais oxigenados e nitrogenados na superfície da amostra B4A, que contribuíram diretamente para diversas interações, tais como mecanismos físicos ou químicos de adsorção e interações eletrostáticas, juntamente com a propriedade de alta condutividade e interações π - π do RGO, favorecendo a intensificação do sinal analítico (LI et al., 2014; ZHANG et al., 2018).

A quantidade do modificador do eletrodo foi avaliada, variando, de forma equivalente, o teor de RGO e B4A na faixa de 0 a 40% da massa total do eletrodo. A quantidade de modificador de 30% (m/m) proporcionou a maior intensidade de corrente, indicando que com o aumento da quantidade de modificador, há um aumento nos sítios oxigenados para uma maior interação com o PQ, contribuindo assim para uma maior sensibilidade do eletrodo desenvolvido. Portanto, o valor de 30% foi escolhido como uma condição ideal para os estudos posteriores, levando em consideração que valores maiores resultam em quantidades mais significativas de material não condutor (biocarvão), o que pode dificultar as reações do eletrodo e diminuir a corrente de pico observada (GEVAERD et al., 2016).

Estudos de otimização das etapas de pré-concentração e leitura voltamétrica foram desenvolvidos com o intuito de amplificar o sinal eletroquímico do EPC-RGO/B4A. O eletrodo mostrou melhor desempenho quando a pré-concentração do PQ ocorreu na presença de tampão acetato pH 5,0. Nessa condição, os grupos carboxílicos da superfície do eletrodo são desprotonados, aumentando a quantidade de carga negativa disponível

para interagir com as espécies PQ, influenciando a resposta final do eletrodo (GEVAERD et al., 2016; KALINKE et al., 2016). As condições de leitura voltamétrica mais favoráveis para a intensificação do sinal analítico foi em meio eletrolítico de tampão BR pH 6,0.

Os parâmetros da técnica VPD foram avaliados levando-se em consideração a intensidade da corrente do pico catódico e a largura do pico a meia altura. O processo de otimização estabeleceu valores para velocidade de varredura (ν) = 30 mV s⁻¹, tempo de pulso (t) = 30 ms e amplitude de pulso (Δ_{EP}) = 100 mV.

3.3 Desempenho analítico do eletrodo EPC-RGO/B4A

O desempenho analítico do eletrodo modificado com o material híbrido EPC-RGO/B4A frente à adição de PQ foi avaliado e uma curva analítica foi construída (Figura 5).

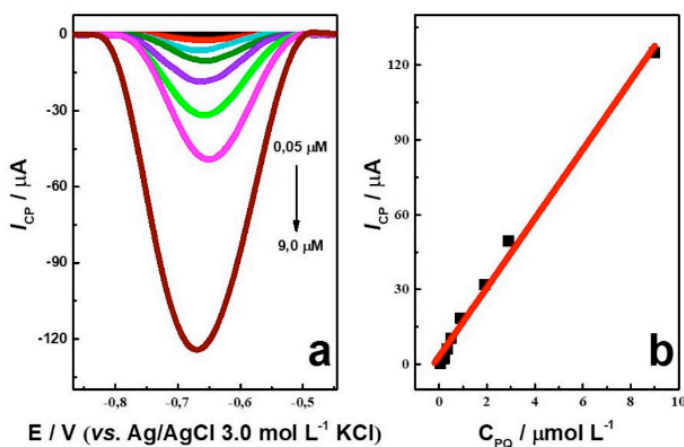


Figura 5: Voltamogramas de Pulso Diferencial obtidos para a construção da curva analítica de PQ em condições de pré-concentração em tampão acetato pH 5,0 e leitura voltamétrica em tampão BR pH 6,0, ν = 30 mV s⁻¹, t = 30 ms e Δ_{EP} = 100 mV (a). Correlação linear entre corrente de pico catódico e concentrações de PQ (I_{PC} vs. C_{PQ}) na faixa de 0,05 a 9,0 mmol L⁻¹ (b).

Na Figura 5 estão apresentados os voltamogramas de pulso diferencial referentes às concentrações de 0,05, 0,2, 0,35, 0,5, 0,9, 1,9, 2,9 e 9,0 mmol L⁻¹ de PQ, sob condições otimizadas. A equação de regressão linear equivale a $I_{PC}(\mu A) = 3,14 + 13,83C_{PQ}(\mu mol L^{-1})$, com $R = 0,9963$. Foram obtidos valores de limite de detecção (LD) = 7,4 nmol L⁻¹ e limite de quantificação (LQ) = 22,6 nmol L⁻¹. Esse resultado pode ser considerado bastante satisfatório por permitir uma análise sensível de PQ.

4 | CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um novo material híbrido baseado em biocarvão ativado e óxido de grafeno reduzido para o desenvolvimento de um eletrodo sensível à determinação de paraquate. O desempenho eletroquímico do eletrodo EPC-RGO/B4A frente à redução do PQ mostrou que há uma interação sinérgica do material híbrido biocarvão-RGO, resultando em um excelente ganho de sinal, quando comparado aos demais materiais ativados e aos modificadores separadamente. O método eletroquímico desenvolvido mostrou-se bastante sensível e promissor para determinações diretas de paraquate em amostras reais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à CAPES, à Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe – FAPITEC/PROMOB, ao Laboratório de Corrosão e Nanotecnologia (LCNT), ao Centro de Competência de Petróleo e Gás de Sergipe (NUPEG/PETROBRAS/UFS), ao Centro de Laboratórios de Química Multiusuários (CLQM) e ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de Sergipe. Os autores agradecem de maneira particular ao Prof. Dr. Sandro Navickiene pela colaboração com este trabalho.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). [s.d.]. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/noticias/-/asset_publisher/FXrpx9qY7FbU/content/proibicao-do-paraquate-e-atualizada/219201?p_p_auth=rbZIJpMT. Acesso em: 27 mar. 2020.

BOGUTA, Patrycja; SOKOŁOWSKA, Z.; SKIC, K.; TOMCZYK, Agnieszka. Chemically engineered biochar – Effect of concentration and type of modifier on sorption and structural properties of biochar from wood waste. **Fuel**, [S. l.], v. 256, n. March, p. 115893, 2019. DOI: 10.1016/j.fuel.2019.115893.

BORDOLOI, Sanandam; GOPAL, Phani; BODDU, Rishita; WANG, Qinhua; CHENG, Yi Feng; GARG, Ankit; S, Sreedeeep. Soil-biochar-water interactions: Role of biochar from *Eichhornia crassipes* in influencing crack propagation and suction in unsaturated soils. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 210, p. 847–859, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.11.051.

DOUMER, Marta Eliane et al. Slow pyrolysis of different Brazilian waste biomasses as sources of soil conditioners and energy, and for environmental protection. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, [S. l.], v. 113, p. 434–443, 2015. DOI: 10.1016/j.jaap.2015.03.006.

DREYER, Daniel R.; PARK, Sungjin; BIELAWSKI, Christopher W.; RUOFF, Rodney S. The chemistry of graphene oxide. **Chemical Society Reviews**, [S. l.], v. 39, n. 1, p. 228–240, 2010. DOI: 10.1039/b917103g.

GEBREEGZIABHER, G. G.; ASEMAHEGNE, A. S.; AYELE, D. W.; DHAKSHNAMOORTHY, M.; KUMAR, A. One-step synthesis and characterization of reduced graphene oxide using chemical exfoliation method. **Materials Today Chemistry**, [S. l.], v. 12, p. 233–239, 2019. DOI: 10.1016/j.mtchem.2019.02.003.

GEVAERD, Ava; OLIVEIRA, Paulo R.; MANGRICH, Antonio S.; BERGAMINI, Márcio F.; MARCOLINO-JUNIOR, Luiz H. Evaluation of antimony microparticles supported on biochar for application in the voltammetric determination of paraquat. **Materials Science and Engineering C**, [S. l.], v. 62, p. 123–129, 2016. DOI: 10.1016/j.msec.2016.01.020.

GÖDE, Ceren; YOLA, Mehmet Lütfi; YILMAZ, Alime; ATAR, Necip; WANG, Shaobin. A novel electrochemical sensor based on calixarene functionalized reduced graphene oxide: Application to simultaneous determination of Fe(III), Cd(II) and Pb(II) ions. **Journal of Colloid and Interface Science**, [S. l.], v. 508, n. llii, p. 525–531, 2017. DOI: 10.1016/j.jcis.2017.08.086.

GOERTZEN, Sarah L.; THÉRIAULT, Kim D.; OICKLE, Alicia M.; TARASUK, Anthony C.; ANDREAS, Heather A. Standardization of the Boehm titration. Part I. CO₂ expulsion and endpoint determination. **Carbon**, [S. l.], v. 48, n. 4, p. 1252–1261, 2010. DOI: 10.1016/j.carbon.2009.11.050.

KALINKE, Cristiane; DE OLIVEIRA, Paulo; MANGRICH, Antonio; MARCOLINO-JUNIOR, Luiz; BERGAMINI, Márcio. Chemically-Activated Biochar from *Ricinus communis* L. Cake and Their Potential Applications for the Voltammetric Assessment of Some Relevant Environmental Pollutants. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, [S. l.], v. 00, n. 00, p. 1–12, 2020. DOI: 10.21577/0103-5053.20190259.

KALINKE, Cristiane; MANGRICH, Antonio S.; MARCOLINO-JUNIOR, Luiz H.; BERGAMINI, Márcio F. Carbon Paste Electrode Modified with Biochar for Sensitive Electrochemical Determination of Paraquat. **Electroanalysis**, [S. l.], v. 28, n. 4, p. 764–769, 2016. DOI: 10.1002/elan.201500640.

KALINKE, Cristiane; OLIVEIRA, Paulo Roberto; OLIVEIRA, Geovane Arruda; MANGRICH, Antonio Sálvio; MARCOLINO-JUNIOR, Luiz H.; BERGAMINI, Márcio F. Activated biochar: Preparation, characterization and electroanalytical application in an alternative strategy of nickel determination. **Analytica Chimica Acta**, [S. l.], v. 983, p. 103–111, 2017. DOI: 10.1016/j.aca.2017.06.025.

KANYONG, Prosper; RAWLINSON, Sean; DAVIS, James. A voltammetric sensor based on chemically reduced graphene oxide-modified screen-printed carbon electrode for the simultaneous analysis of uric acid, ascorbic acid and dopamine. **Chemosensors**, [S. l.], v. 4, n. 4, 2016. DOI: 10.3390/chemosensors4040025.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for environmental management: science, technology and implementation**. 2. ed. Londre e Nova York: Earthscan from Routledge, 2012.

LI, Mei fang; LIU, Yun guo; ZENG, Guang ming; LIU, Ni; LIU, Shao bo. Graphene and graphene-based nanocomposites used for antibiotics removal in water treatment: A review. **Chemosphere**, [S. l.], v. 226, p. 360–380, 2019. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.03.117.

LI, Yunchao; SHAO, Jingai; WANG, Xianhua; DENG, Yong; YANG, Haiping; CHEN, Hanping. Characterization of modified biochars derived from bamboo pyrolysis and their utilization for target component (furfural) adsorption. **Energy and Fuels**, [S. l.], v. 28, n. 8, p. 5119–5127, 2014. DOI: 10.1021/ef500725c.

LIU, Si jia et al. The effect of several activated biochars on Cd immobilization and microbial community composition during in-situ remediation of heavy metal contaminated sediment. **Chemosphere**, [S. l.], v. 208, p. 655–664, 2018. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.06.023.

OLIVEIRA, Paulo Roberto; KALINKE, Cristiane; GOGOLA, Jeferson Luiz; MANGRICH, Antonio Salvo; JUNIOR, Luiz Humberto Marcolino; BERGAMINI, Márcio F. The use of activated biochar for development of a sensitive electrochemical sensor for determination of methyl parathion. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, [S. l.], v. 799, p. 602–608, 2017. DOI: 10.1016/j.jelechem.2017.06.020.

PENG, Peng; LANG, Yin Hai; WANG, Xiao Mei. Adsorption behavior and mechanism of pentachlorophenol on reed biochars: PH effect, pyrolysis temperature, hydrochloric acid treatment and isotherms. **Ecological Engineering**, [S. l.], v. 90, p. 225–233, 2016. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2016.01.039.

Mapa cancela registro de produtos técnicos à base de paraquate - Notícias - Anvisa. [2020]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-cancela-registro-de-produtos-tecnicos-a-base-de-paraquate>. Acesso em: 22 jul. 2020.

SANT'ANNA, Mércia V. S. et al. Electrochemical sensor based on biochar and reduced graphene oxide nanocomposite for carbendazim determination. **Talanta**, [S. l.], v. 220, n. June, p. 121334, 2020. DOI: 10.1016/j.talanta.2020.121334.

SANTANA, Kathamania V. R.; APOLÔNIO, Fernanda C. S. O.; WISNIEWSKI, Alberto. Valorization of cattle manure by thermoconversion process in a rotary kiln reactor to produce environmentally friendly products. **Bioenergy Research**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 605–617, 2020. DOI: 10.1007/s12155-019-10047-0.

SANTANA, Paula C. A.; LIMA, Jéssica B. S.; SANTANA, Tiago B. S.; SANTOS, Luís F. S.; MATOS, Charlene R. S.; DA COSTA, Luiz P.; GIMENEZ, Iara F.; SUSSUCHI, Eliana M. Semiconductor nanocrystals-reduced graphene composites for the electrochemical detection of carbendazim. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, [S. l.], v. 30, n. 6, p. 1302–1308, 2019. DOI: 10.21577/0103-5053.20190026.

XIANG, Yunhui; LIU, Hui; YANG, Jie; SHI, Zhen; TAN, Yuanbin; JIN, Jing; WANG, Rui; ZHANG, Shenghui; WANG, Jinshou. Biochar decorated with gold nanoparticles for electrochemical sensing application. **Electrochimica Acta**, [S. l.], v. 261, p. 464–473, 2018. DOI: 10.1016/j.electacta.2017.12.162.

XU, Chaohe; XU, Binghui; GU, Yi; XIONG, Zhigang; SUN, Jing; ZHAO, X. S. Graphene-based electrodes for electrochemical energy storage. **Energy and Environmental Science**, [S. l.], v. 6, n. 6, p. 1388–1414, 2013. DOI: 10.1039/c3ee23870a.

ZHANG, Ying; CAO, Bo; ZHAO, Lulu; SUN, Lili; GAO, Yan; LI, Jiaojiao; YANG, Fan. Biochar-supported reduced graphene oxide composite for adsorption and coadsorption of atrazine and lead ions. **Applied Surface Science**, [S. l.], v. 427, p. 147–155, 2018. DOI: 10.1016/j.apsusc.2017.07.237.

ZHAO, Ling; CAO, Xinde; MAŠEK, Ondřej; ZIMMERMAN, Andrew. Heterogeneity of biochar properties as a function of feedstock sources and production temperatures. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 256–257, p. 1–9, 2013. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2013.04.015.

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

