

Atena
Editora
Ano 2021

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Atena
Editora
Ano 2021

Trabalhos nas Áreas de Fronteira da Química 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)



Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

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

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

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

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

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

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

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

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

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

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson 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 9

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

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 06/11/2020

Bruna Maria Rodrigues Gonçalves

Graduada em química pela Universidade Estadual Vale do Acaraú Sobral – CE
<http://lattes.cnpq.br/1934768805537699>

Elton Patrick Barbano

Professor Adjunto da Universidade Estadual Vale do Acaraú Sobral – CE
<http://lattes.cnpq.br/3823341967073176>

RESUMO: O presente estudo teve por objetivo estudar o processo de eletrodeposição e obtenção de nanobastões de CoNi obtidos voltametricamente e potenciostaticamente por membranas de policarbonato como molde para os eletrodepósitos. Nanoestruturas de CoNi têm atraído interesse em diversas áreas da ciência seja ela de materiais ou na área da saúde em aplicações biomédicas. A eletrodeposição de metais em membranas de policarbonato tem se mostrado como uma técnica inovadora na obtenção de nanocompósitos possibilitando controlar a espessura e o tamanho das nanopartículas. Assim nanoestruturas de CoNi foram obtidas por eletrodeposição em solução de citrato. Os eletrodepósitos foram analisados por microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectroscopia de dispersão de raios X (EDX) e espectroscopia de difração de raios

X (DRX). O voltamograma para a deposição de CoNi apresentou um processo catódico c (-0,90 a -1,10V). O perfil potenciostático para a eletrodeposição de Co foi constante com densidade de corrente de $\sim 0,75 \text{ mA cm}^{-2}$. Eletrodepósitos de CoNi foram possíveis apresentando nanobastões de tamanho e forma uniformes e determinados.

PALAVRAS-CHAVE: Ligas de CoNi, eletrodeposição, nanobastões.

ELETROCHEMICAL PREPARATION OF Co-Ni NANORODS BY POLYCARBONATE MAMBANES

ABSTRACT: The main objective of this study was the evaluation of the electrodeposition process and of voltammetric and potentiostatic ceramic nanorods by polycarbonate membranes as the mold for the electrodes. Co-Ni nanostructures have attracted interest in several areas of science whether in materials or in the field of health in biomedical applications. The electrodeposition of metals in polycarbonate membranes has been shown as an innovative technique to obtain nanocomposites, making it possible to control the thickness and size of the nanoparticles. CoNi nanostructures were obtained by electrodeposition in citrate solution. The electrodeposites were analyzed by scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction spectroscopy (EDX) and X-ray diffraction spectroscopy (XRD). The voltammogram for the deposition of CoNi showed a one cathode processes c (-0.90 to -1.10V). The potentiostatic profile for Co electrodeposition was constant with current density of $\sim 0.75 \text{ mA cm}^{-2}$. CoNi electrodeposites showed nanorods

properties with uniform and determined size and shape.

KEYWORDS: CoNi Alloys, electrodeposition, nanorods.

1 | INTRODUÇÃO

A eletrodeposição de metais e ligas metálicas é um fenômeno de grande interesse econômico, pois permite que materiais menos nobres sejam empregados de forma industrial gerando economia com excelentes resultados. Os revestimentos eletrodepositados conferem ao substrato base novas propriedades físico-químicas, mecânicas, magnéticas, elétricas e eletroquímicas, bem como aparência decorativa e, em muitas ocasiões melhor resistência à corrosão (BRENNER, 1963).

O processo de eletrodeposição está associado com a formação de depósitos por meio de reações eletroquímicas. Através deste processo há a transferência de cargas entre a interface eletrodo/eletrólito, ocorrendo reações químicas onde os produtos são sólidos e finos. Essas reações que ocorrem na superfície do substrato podem ser de caráter redutor ou oxidante. As reações redutoras ocorrem pela transferência de elétrons do eletrodo para o eletrólito (deposição catódica), e durante as reações oxidantes há a transferência de elétrons do eletrólito para o eletrodo (deposição anódica) (MUNFORD, SARTORELLI & PASA, 2002).

O interesse na síntese de liga Co-Ni nanocristalina ganhou uma enorme atenção dos pesquisadores nos últimos tempos devido às suas excelentes propriedades magnética, dureza, leveza, versatilidade, resistência à abrasão e à corrosão (ORINAKOVA, TURONOVA & KLADEKOVA, 2006).

Certas variáveis como densidade de corrente, temperatura, concentração de partículas, valor de pH e composição do banho devem ser consideradas durante a síntese da liga Co-Ni. Com a eletrodeposição é possível o controle desses parâmetros experimentais favorecendo o estudo das características físicas e químicas dos eletrodepósitos.

A codeposição de ligas é bastante difícil, devido às condições favoráveis para a deposição de um metal podem diferir daquelas necessárias para os outros metais constituintes. Agentes complexantes são frequentemente usados para melhorar a qualidade de ligas eletrodepositadas (WEI ET AL., 2008).

Diferentes metais possuem diferentes potenciais de deposição. Uma vez que para o sucesso da eletrodeposição de uma liga, os potenciais de deposição dos constituintes devem estar próximos uns dos outros, faz-se uso de agentes complexantes adequados para alinhar os potenciais de deposição (MKAWI ET AL., 2014).

1.1 Alguns aspectos sobre a eletrodeposição de Cobalto-Níquel (Co-Ni)

O efeito dos íons sulfato e citrato foram estudados por GÓMEZ ET AL (2005). Nesta estudo foram variados os efeitos do pH, da concentração de Ni(II) e Co(II) e as

concentrações de citrato, afim de se analisar as suas influências sobre a deposição. O banho de citrato promoveu uma deposição anômala na liga de níquel e cobalto. A variação das razões molares de Ni(II) e Co(II) promoveram depósitos homogêneos.

As propriedades de filmes de Ni-Co eletrodepositados produzidos a partir de eletrólito constituído de sulfamato de níquel, sulfato de cobalto e ácido bórico foram investigadas por KARPUSZ ET AL (2011). A eletrodeposição foi realizada em temperatura ambiente (24°C) em uma célula de três eletrodos. Folha de platina foi usada como contra eletrodo e folha de titânio foi utilizada como substrato. O eletrodo de referência foi um eletrodo de calomelano saturado (SCE) e todos os potenciais são pronunciados em relação ao SCE. O pH do eletrólito foi escolhido como $2,80 \pm 0,20$. O potencial de deposição foi determinado usando um método de voltametria cíclica (CV). Espectroscopia de energia dispersiva de raios combinada com um microscópio eletrônico de varredura, foi empregada para encontrar o conteúdo do filme com investigação da morfologia da superfície. As medidas estruturais foram realizadas pela técnica de difração de raios-X.

TEBBAKH ET AL (2013) estudaram o comportamento de nucleação eletroquímica e as propriedades de finos filmes de ligas Co-Ni eletrodepositadas. Nesta pesquisa a deposição foi realizada a partir de um banho de CoCl_2 0,1M, NiCl_2 0,01M com eletrólito de suporte KCl 1M e H_3BO_3 0,5M (a fim de controlar o pH da solução e melhorar a qualidade do depósito) a pH 3,8. As medidas eletroquímicas convencionais foram realizadas utilizando-se uma célula de vidro composta de três eletrodos. O eletrodo de referência foi um eletrodo de calomelano saturado (SCE). A deposição de uma fina película de Co-Ni sobre a superfície de Ru foi estudada por meio das técnicas de voltametria cíclica (CV) e cronoamperometria (CA).

1.2 Nanopartículas e aplicações

Materiais sob a forma de nanopartículas apresentam propriedades específicas, na maioria das vezes, diferente daquelas observadas para volumes maiores dos materiais correspondentes, devido à sua distribuição de tamanho, forma, relação superfície/volume, distribuição dos átomos, dentre outras. Desta forma, nanoestruturas de ligas metálicas podem ser usadas para as mais diversas aplicações como, catalisadores eficientes para várias reações químicas em processos de síntese (BERUBE, RADTKE, DRESSSELHAUS & CHEN,2007; RAULA ET AL.,2012; ZHU ET AL.,2012), suportes para eletro-oxidação na geração de energia (células a combustíveis)(WU & YANG,2013; BING ET AL.,2010), componentes de dispositivos eletrônicos e materiais de armazenamento de dados (SHIN ET AL.,2010), em análises bioanalíticas e biomedicas (WALKEY, SYKES & CHAN, 2009; ANDRÉS ET AL.,2008; VILANA ET AL., 2015; GISPERT ET AL., 2016; SERRÀ ET AL.), ambiental (BOURI, SALGHI, ZOUGAGH & RÍOS,2016), na indústria de alimentos(WIERUCKA & BIZIUK, 2014), dentre outras aplicações.

Diferentes aplicações, tanto físicas quanto biomédicas requerem partículas com

determinadas propriedades químicas e físicas. Estas propriedades, principalmente as magnéticas, dependem fortemente de características morfológicas e estruturais das partículas(SEIP ET AL., 1998).

Em aplicações biomédicas, o interesse na utilização dos nanobastões propostos está em verificar se os mesmos apresentam (i) biocompatibilidade e (ii) se respondem à aplicação de um campo magnético externo para serem utilizados no transporte do medicamento.

Na produção/armazenamento de energia, processo de *splitting* da água, o desprendimento de oxigênio é a etapa lenta do processo e a oxidação parcial dos nanobastões à base de ferro, cobalto ou níquel pode diminuir o sobrepotencial para evolução de oxigênio (PENG, JIA, AL-ENIZI, ELZATAHRY & ZHENG, 2015; VINEESH ET AL., 2016) (testes preliminares em nosso laboratório também indicam que o sobrepotencial de evolução de oxigênio depende da proporção Fe/Ni).

Assim, o estudo do processo de obtenção/eletrodeposição de nanopartículas de Co-Ni além de ampliar o conhecimento relativo ao processo de eletrodeposição de Co-Ni, também, apresenta boa perspectiva de aplicação nas mais diversas áreas de interesse seja na área biomédica, de energia, catálise, sensores ou ambiental.

Baseado nessas informações os objetivos do presente trabalho foram determinar as melhores condições para a eletrodeposição de Co-Ni a partir do banho proposto e preparação, por meio de procedimento de eletrodeposição, de nanobastões de Co-Ni com alguns micrômetros de comprimento e diâmetro nanométrico (100 nm) usando membranas de policarbonato revestidas com ouro.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

Aqui são apresentados e discutidos os procedimentos experimentais utilizados, bem como a descrição dos equipamentos, células eletroquímicas, eletrodos, reagentes e materiais para a realização deste trabalho.

2.1 Métodos Eletroanalíticos

As titulações potenciométricas foram realizadas com um pH-metro: Fisher Scientific Accumet modelo AB150 em um agitador magnético. A solução de Co-Ni foi titulada com solução de NaOH 0,8442 mol L⁻¹, até atingir pH 12.

Os estudos potenciodinâmico (voltametria) e potencioestático (cronoamperometria) foram feitos com um potencioestato/galvanostato AUTOLAB modelo PGSTAT M204, software NOVA. A solução eletrolítica utilizada foi de CoCl₂ 0,015 mol/L + 0,015 mol/L NiCl₂ + 0,030 mol/L Citrato de Sódio (C₆H₅Na₃O₇). Para as voltametrias utilizou-se uma célula eletroquímica de vidro convencional com tampa de Teflon, eletrodo de carbono vítreo como eletrodo de trabalho, eletrodo de Ag/AgCl 3,0 mol/L como eletrodo de referência e um

eletrodo de platina em espiral como eletrodo auxiliar.

2.2 Métodos físicos

Para a análise morfológica e de composição química dos eletrodepósitos foram realizados estudos por microscopia eletrônica de varredura (MEV), espectroscopia de dispersão de raios X (EDX), com microscópio eletrônico FEI Inspect S 50. Para tanto, foram utilizados microscópios eletrônicos: FEI Inspect S 50 - ELX Oxford (MEV/EDX), JEOL JSM 6510 system INCA software (MEV/EDX) e um Fisherscope XDAL X-ray Fluorescence system para as análises de FRX.

Nos estudos de composição de fases, na determinação de quais ligas ou fases de óxidos foram formadas, foi utilizada a técnica de espectroscopia de difração de raios X, registrados com radiação de Cu K α filtrada (1,54050 Å), usando um gerador de raios X equipado com um goniômetro, em modo de varredura 2 θ (10,0 a 120,0°) com passos de 0,033° e um tempo por passo de 600s. Para a análise dos resultados de difração foram consultadas fichas das linhas de difração disponíveis no JCPDS.

2.3 Célula eletroquímica e eletrodos

Diferentes eletrodos de trabalho foram selecionados: disco de carbono vítreo (0,0707 cm²), e substratos de Si/Ti(15nm)/Au(100nm). Utilizou-se, como eletrodos auxiliares, um eletrodo de Pt e como eletrodo de referência foi utilizado Ag/AgCl (3,0 mol/L KCl, E° = 0,210 V), com um capilar Luggin.

Nas eletrodeposições com eletrodo estacionário foi utilizada uma célula eletroquímica de vidro convencional com tampa de Teflon® para três eletrodos e, também, uma célula de vidro tipo Tait com tampa de Teflon® e na base um anel (oring) de Viton®, expondo uma área à solução de acordo com a dimensão do eletrodo de trabalho utilizado.

Todos os reagentes utilizados no preparo dos banhos de deposição foram de grau P. A., marcas Biotec, Dinamica e Vetec. A água empregada tanto no preparo de soluções e lavagem de materiais foi sempre deionizada. Os reagentes utilizados neste trabalho foram:

2.4 Soluções de deposição de Co-Ni

As soluções utilizadas para as deposições voltamétricas foram preparadas ajustando-se o pH do banho com solução de NaOH 0,8442 mol L⁻¹. A Tabela 1 mostra as concentrações e os respectivos valores de pH das soluções utilizadas no andamento do presente trabalho.

Soluções	[C ₆ H ₅ Na ₃ O ₇] ₁ / mol L ⁻¹	[NiCl ₂] / mol L ⁻¹	[CoCl ₂] / mol L ⁻¹	pH
1	0,030	0,015	0,015	4,0
2	0,030	-	-	4,0

Tabela 1: Concentrações e pH das soluções utilizadas nos estudos de eletrodeposição de Co-Ni.

2.5 Preparo das membranas de policarbonato

As membranas de policarbonato (PC) utilizadas foram do fabricante Millipore com 100 nm de diâmetro para cada poro entre 10⁸ a 2,5x10⁹ poros/cm² para a densidade de poro na membrana. O diâmetro da membrana de PC foi de 20 mm de diâmetro.

Para o preparo da membrana, estas foram fixadas em uma base metálica circular para posterior recobrimento com ouro por processo de *sputtering*.

O recobrimento por *sputtering* foi conduzido por 720 s (12min) com pressão entre 2 a 4,0 x 10⁻¹ milibar com 40 mA de corrente. As membranas serviram como molde para o crescimento dos nanobastões.

2.6 Procedimentos de limpeza das membranas utilizadas

O procedimento de limpeza das membranas de policarbonato foi realizado em três etapas sendo elas a seguir:

1. *Remoção da película de Au*: após a eletrodeposição dos nanobastões de CoNi as membranas foram retiradas da célula de deposição e lavadas com um excesso de solução de álcool isopropílico e água. Posteriormente foi realizado um procedimento de remoção da película de ouro que havia sido depositado sobre a membrana via *sputtering*. Essa remoção foi feita com algodão embebido em solução de I₂/I⁻. Após isso o algodão era friccionado na membrana até que toda a película de Au fosse retirada.
2. *Dissolução da membrana*: posterior à remoção da película de ouro, a membrana foi dissolvida em solução de clorofórmio concentrado. A dissolução foi realizada em tubo de centrífuga do tipo Falcon para 15 mL.
3. *Lavagem dos nanobastões*: após a dissolução da membrana, os nanobastões encontravam-se dispersos em solução de clorofórmio com resíduo de policarbonato dissolvido. Esse policarbonato proveniente da membrana foi removido com o auxílio de centrífuga e adição de porções de clorofórmio. Após cada passagem pela centrífuga (1,5 min e 2000 rpm), o sobrenadante (clorofórmio + policarbonato) era removido e uma nova porção (1,0 mL) de clorofórmio puro era adicionado ao tubo Falcon. Esse procedimento foi repetido por 10 vezes.

Estudos sobre a estabilidade do banho de deposição foram realizados por titulação

potenciométrica e foi observado que a solução de deposição se manteve estável por toda a faixa de pH, não ocorrendo precipitação durante a titulação.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Eletrodeposição de Co-Ni sobre Carbono Vítreo

Estudos da eletrodeposição de CoNi foram realizados em Citrato 0,030 mol L⁻¹, de modo a investigar o processo de eletrodeposição, as características morfológicas, química e de composição de fase dos eletrodepósitos obtidos.

A Figura 1 apresenta o diagrama de distribuição das espécies obtido com o software Medusa de cobalto e níquel complexadas em função do pH do banho. Pode se verificar, através da Figura 1, que no pH de trabalho (pH 4,0) as espécies em maior concentração no banho de deposição são CoCit⁻ e NiCit⁻.

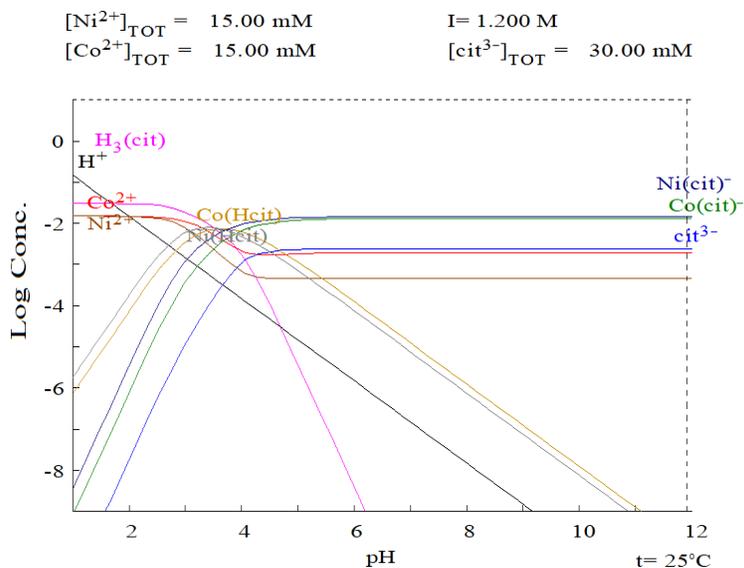


Figura 1: Diagrama de distribuição de especiação para o sistema CoNi-Cit

A Figura 2 mostra o voltamograma cíclico do substrato de carbono vítreo em banho contendo os sais de cobalto e níquel na presença de citrato 0,030 mol L⁻¹. É possível observar (Figura 2) um processo catódico *c* (- 0,9 a - 1,1 V) e processos anódicos *a_x* (- 0,60 a + 0,50 V). O processo catódico *c* está relacionado com a codeposição de Co-Ni, visto que no voltamograma da solução “branco” (Figura 2 linha tracejada), solução de deposição sem os sais Co e Ni, apenas com o complexante, não é observado o processo catódico *c* (figura 2).

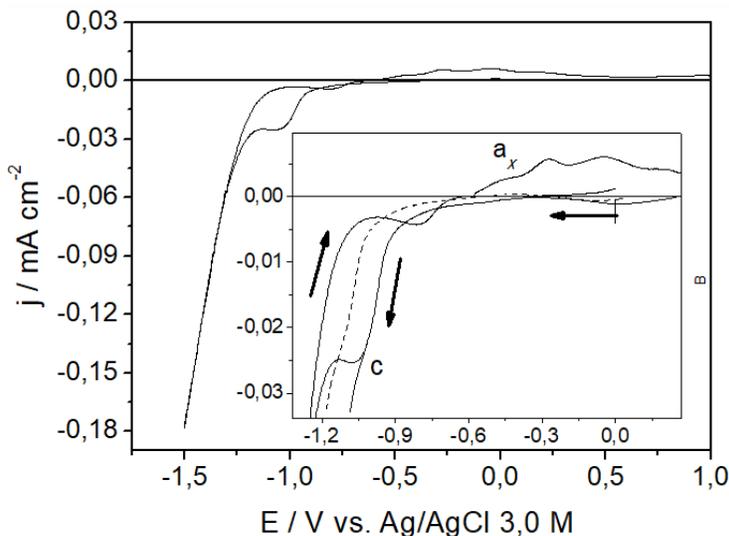


Figura 2: Voltamograma cíclico característico para a eletrodeposição de CoNi-Cit (linha sólida) e apenas solução de citrato (linha tracejada). $v = 10,0 \text{ mV s}^{-1}$

É possível inferir que a codeposição de CoNi ocorra a partir da redução dos complexos de CoCit e NiCit, segundo as reações abaixo:



A partir da Figura 2 foi possível selecionar a região de potencial adequada para obter os eletrodépósitos de Co-Ni (filmes e nanobastões). Assim, foram obtidos eletrodépósitos de Co-Ni potenciostaticamente a -1,0 V com 0,5 C de carga. Os eletrodépósitos (filmes) foram obtidos sobre substrato de SiTiAu e os nanobastões obtidos a partir de membranas de policarbonato.

A Figura 3 mostra uma micrografia (MEV) para o eletrodépósito de Co-Ni sobre substrato de SiTiAu. É possível observar que o depósito recobriu totalmente o substrato e não apresentou trincas ou dendritas.

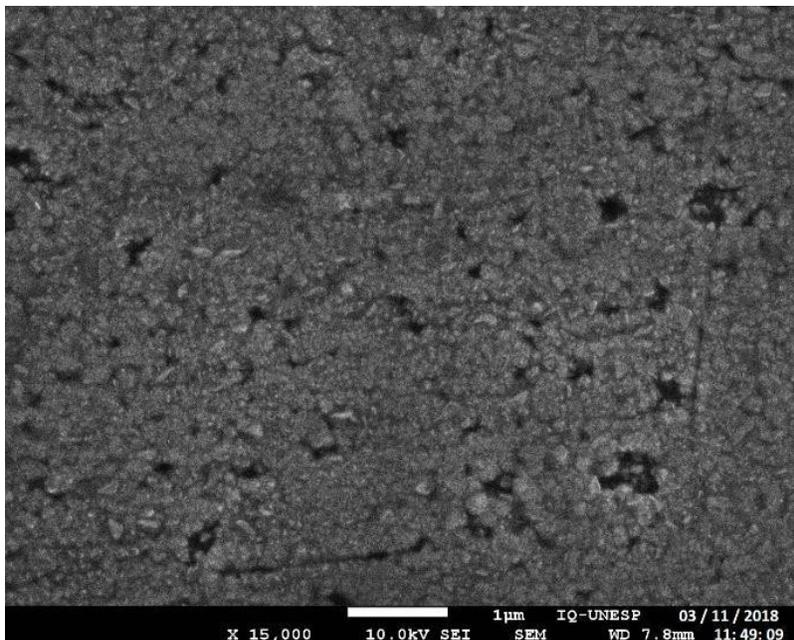


Figura 3: MEV do eletrodepósito de CoNi obtido sobre SiTiAu, -1,0 V com 0,5 C de carga.

Análise por EDX do eletrodepósito de Co-Ni foi realizada a fim de se obter a composição química do depósito. Verificou-se que o eletrodepósito não apresentou quantidades expressivas de oxigênio (4,71%) e pequeno percentual do substrato Si (7,54%), obtendo-se 56,80% de Co e 30,96% de Ni mostrando que a codeposição de Co-Ni foi possível (figura 4).

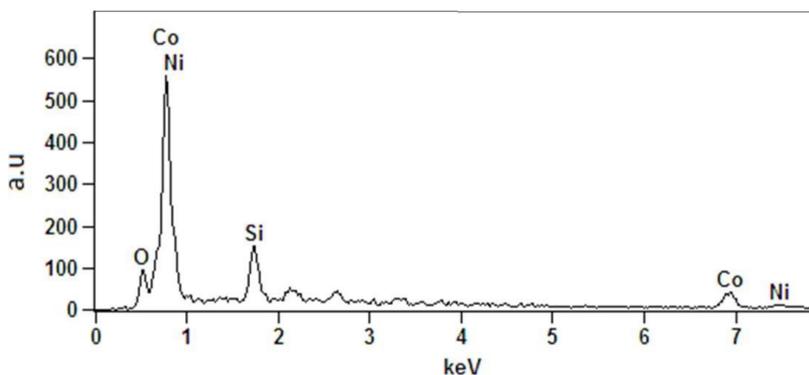


Figura 4: Espectro de EDX indicando a composição do eletrodepósito obtido potenciostaticamente a -1,0 V com 0,5 C de carga.

A Figura 5 mostra uma varredura potenciostática (cronoamperometrica) realizada no potencial de $-1,0$ V durante a eletrodeposição dos nanobastões de CoNi no interior da membrana de policarbonato. É possível observar que foram obtidos nanobastões simétricos em tamanho e dimensão (100 nm), Inserte (MEV) da Figura 5.

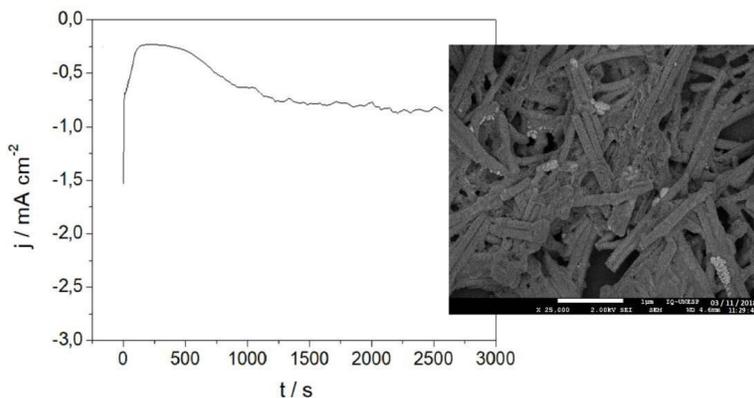


Figura 5: Cronoamperometria e MEV para o crescimento dos nanobastões de Co, $-1,0$ V com $0,5$ C.

Posterior à obtenção dos nanobastões de CoNi, uma análise conduzida por espectroscopia de difração de raios X (DRX) foi conduzida com o objetivo de avaliar a composição de fases dos nanobastões obtidos. O DRX mostrou que foram observados picos do substrato (Si) e um pico de difração característico CoNi na região de 2θ $44,50^\circ$ (Figura 6).

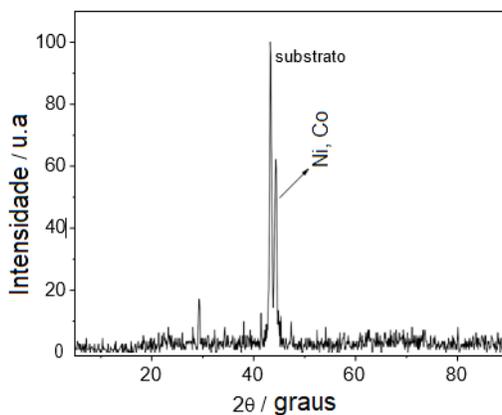


Figura 6: DRX dos nanobastões de CoNi obtidos potenciostaticamente a $-1,0$ V com $0,5$ C de carga.

É possível observar, também, que no difratograma não há indícios de formação de compostos de óxidos de Co ou de Ni corroborando com os resultados obtidos por MEV.

Alguns autores relatam a codeposição anômala da liga Co-Ni em seus estudos, onde o metal menos nobre é depositado preferencialmente. De acordo com a literatura esse comportamento está geralmente associado à eletrodeposição de ligas que contenham cobalto, níquel e ferro (KARPUZ, KOCKAR & ALPER, 2012; YANG, DENG & WEN, 2011).

GÓMEZ ET AL (2001) realizaram uma série de estudos sobre a eletrodeposição de ligas de Co- Mo e Co-Ni-Mo utilizando citrato de sódio como agente complexante, foi observado que eletrólitos com citrato mantêm um pH estável durante o processo de eletrodeposição. Tal característica pode ser observada quando o estudo sobre a estabilidade da solução de deposição (solução de CoNi-Cit) foi realizado. Através de uma titulação potenciométrica observou-se que o banho se manteve estável por toda a faixa de pH, não ocorrendo precipitação durante a realização da mesma.

O processo de eletrodeposição de nanobastões de CoNi, através do banho de deposição proposto, e pela utilização de membranas de policarbonato foi realizado com êxito. Também, é possível afirmar que foi possível obter nanobastões bem definidos em tamanho, forma e composição.

4 | CONCLUSÕES

O processo de eletrodeposição foi adequado para a obtenção dos nanobastões. O banho formulado se manteve estável durante todo o processo. O resultado da microscopia eletrônica de varredura mostrou que o eletrodepósito não apresentou trincas ou dendritas. A análise por EDX permitiu observar que os eletrodepósitos não possuíam óxidos, tendo em vista a pequena quantidade de oxigênio presente.

Ademais, através dos resultados obtidos por DRX, é possível afirmar que codeposição de CoNi foi possível não apresentando fases de óxidos, corroborando com os resultados de EDX.

Assim, o método proposto e o banho desenvolvido para a eletrodeposição de nanobastões de CoNi se mostrou adequado permitindo que os objetivos do presente trabalho fossem alcançados.

REFERÊNCIAS

ANDRÉS, F; ZOUGAGH, M; CASTAÑEDA, G; RÍOS, A. **Determination of zearalenone and its metabolites in urine samples by liquid chromatography with electrochemical detection using a carbon nanotube-modified electrode.** *J. Chromatogr A* 1212 p. 54–60, 2008.

BERUBÉ, V; RADTKE, G; DRESSELHAUS, M; CHEN, G. **A review.** *Int. Jo. Of Energy Research* , 31, p. 637-663, 2007.

BING, Y; LIU, H; ZHANG, L; GHOSH, D; ZHANG, J. **Nanostructured Pt-alloy electrocatalysts for PEM fuel cell oxygen reduction reaction.** Chem. Soc. Rev, 39, p. 2184-2202, 2010.

BOURI, M; SALGHI, R; ZOUGAGH, M; RÍOS, A. **Enantioselective discrimination of menthone enantiomers by using achiral liquid chromatography with circular dichroism detection and penicillamine-coated gold nanoparticles.** Microchem. J, 124, p. 736-742, 2016.

BRENNER A. **Electrodeposition of Alloys: Principles and Practice.** Vol. 2. New York: Academic Press, 1963.

GISPERT, C; SERRÀ, A; ALEA, M.E; RODRIGUES, M; GÓMEZ, E; MORA, M; SAGISTÁ, M.LL; PÉREZ-GARCÍA, L; VALLÉS, E. **Electrochemistry Communications**, 63, p. 18-21, 2016.

GÓMEZ, E; PAN, S; VALLÉS, E. **Electrodeposition of Co-Ni and Co-Ni-Cu systems in sulphate-citrate medium,** Electrochimica Acta, v. 51, n. 3, p. 146- 153, 2005.

GÓMEZ, E; PELLICER, E; VALLÉS, E. **Electrodeposited cobalto-molybdenum magnetic materials.** Journal of Electroanalytical Chemistry, v. 517, p. 109-116, 2001.

KARPUZ, A; KOCKAR, H; ALPER, M; et al. **Electrodeposited Ni-Co films from electrolytes with different Co contents.** Applied Surface Science, v. 258, n. 8, p. 4005- 4010, 2012.

MKAWI, E.M; IBRAHIM, K; ALI, M.K.M; FARRUKH, M.A; MOHAMED, A.S; ALLAM, N. K. **Effect of complexing agents on the electrodeposition of Cu-Zn-Sn metal precursors and corresponding Cu₂ZnSnS₄-based solar cells.** Journal of Electroanalytical Chemistry, 735, p. 129- 135, 2014.

MUNFORD, M. L; SARTORELLI, M. L; PASA, A. A. **Morphology and Magnetic Properties of Co Thin Films Electrodeposited on Si.** Journal of the Electrochemical Society, v. 149, n. 5, p. 274, 2002.

ORINAKOVA, R; TURONOVA, A; KLADEKOVA, D; et al. **Recent developments in the electrodeposition of Ni and some Ni based alloys.** Journal of Applied Electrochemistry, v. 36, n. 9, p. 957-972, 2006.

PENG, Z; JIA, D; AL-ENIZI, A. M; ELZATAHRY, A. A; ZHENG, G. **From Water Oxidation to Reduction: Homologous Ni-Co Based Nanowires as Complementary Water Splitting Electrocatalysts,** Adv. Energy Mater.,5, (2015) 1402031

RAULA, M; RASHID, MD.H; LAI, S; ROY, M; MANDAL, T.K. **Solvent-Adoptable Polymer Ni/NiCo Alloy Nanochains: Highly Active and Versatile Catalysts for Various Organic Reactions in both Aqueous and Nonaqueous Media.** ACS Applied Materials and Interfaces, 2, p. 878-889, 2012.

SEIP, C. T; CARPENTER, E. E; O'CONNOR, C. J. ; JOHN, V. T; LI, S. **Magnetic properties of a series of ferrite nanoparticles synthesized in reverse micelles.** Trans. Magn.,v. 34, p. 1111 - 1113, 1998.

SERRÀ, A; GIMENO, N; GÓMEZ, E; MORA, M; SAGRISTÁ, M. L. L; VALLÉS, E. **Magnetic Mesoporous Nanocarriers for Drug Delivery with Improved Therapeutic Efficacy.** Advanced Functional Materials, in press.

SHIN, S. J; GUZMAN, J; YUAN, C.-W; LIAO, C.Y; et al. **Embedded Binary Eutectic Alloy Nanocrystals: A New Class of Phase Change Materials.** NanoLetters, 10, p. 2794-2798, 2010.

TEBBAKH, S; BENIAICHE, A; FENINECHE, N; et al. **Electrochemical nucleation behaviours and properties of electrodeposited Co–Ni alloy thin films.** Transactions of the Institute of Metal Finishing, v. 91, n. 1, p. 17-23, 2013.

VILANA, J; LORENZO, M; GÓMEZ, E; VALLÉS, E. **Electrochemical deposition of CoNi micro/nanostructures as new materials for electrochemical sensing of glucose.** Materials letters, 159, p. 154-158, 2015.

VINEESH, T. V; MUBARAK, S; HAHM, M. G; PRABU, V; ALWARAPPAN, S; NARAYANAN, T. N. **Controllably Alloyed, Low Density, Free-standing Ni-Co and Ni-Graphene Sponges for Electrocatalytic Water Splitting.** Scientific Reports, v. 6, n. 31202, 2016.

WALKEY, C; SYKES, E. A; CHAN, W. C. **Hematology the Education Programo of the American Society of Hematology,** p. 701-7078, 2009.

WEI, G; GE, H; HUANG, L; WU, Q; WANG, X; HUAN, L. **Influence of complexing agent on the electrodeposited Co–Pt–W magnetic thin films.** Applied Surface Science, 254, p. 3425-3430, 2008.

WIERUCKA, M; BIZIUK, M. **Application of magnetic nanoparticles for magnetic solid-phase extraction in preparing biological, environmental and food samples.** TRAC-Trends Anal. Chem., 59, p. 50–58, 2014.

WU, J; YANG, H. **Platinum-Based Oxygen Reduction Electrocatalysts.** Accounts of Chemical Research, 46, p. 1848-1857, 2013.

Yang, Y. F; Deng, B; Wen, Z. H. **Preparation of Ni-Co Alloy Foils by Electrodeposition.** Advances in Chemical Engineering and Science, 1, p. 27-32, 2011.

ZHU, C; GUO, S; DONG, S. **Bimetallic alloy nanowires with enhanced electrocatalytic activity for electro-oxidation of small molecules.** Advanced Materials, 24, p. 2326-2331, 2012.

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

