

A decorative graphic on a teal background featuring a network of white lines connecting various chemistry-related icons. The icons include a dark blue atom, a white molecular structure, a cyan beaker, a red microscope, an orange flask, a white test tube, a dark blue lightbulb, and a cyan radiation symbol. Chemical formulas such as O_2 , Na_2O_2 , H_2O_2 , SO_3 , and $Na_2O_2 \cdot 2O_2$ are scattered throughout the design.

A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável 2

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)

The background features a network of white lines connecting various circular icons and chemical formulas. The icons include a DNA helix, a microscope, a flask with liquid, a test tube, a lightbulb, a radiation symbol, a battery, and a molecular structure. Chemical formulas such as O_2 , Na_2O_2 , H_2O_2 , SO_3 , and CO are scattered throughout the design.

A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável 2

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 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 4.0 Internacional (CC BY 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª 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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto 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
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª 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 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^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 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
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

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
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. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. 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
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
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
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª 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. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Érica de Melo Azevedo.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

Q6 A química nas áreas natural, tecnológica e sustentável 2
 [recurso eletrônico] / Organizadora Érica de Melo
 Azevedo. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistemas: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-386-6

DOI 10.22533/at.ed.866201906

1. Química – Pesquisa – Brasil. 2. Tecnologia. 3.
 Sustentabilidade. I. Azevedo, Érica de Melo.

CDD 540

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A Coleção “A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável” apresenta artigos de pesquisa na área de química e que envolvem conceitos de sustentabilidade, tecnologia, ensino e ciências naturais. A obra contém 69 artigos, que estão distribuídos em 3 volumes. No volume 1 são apresentados 29 capítulos sobre aplicações e desenvolvimentos de materiais adsorventes sustentáveis e polímeros biodegradáveis; o volume 2 reúne 20 capítulos sobre o desenvolvimento de materiais alternativos para tratamento de água e efluentes e propostas didáticas para ensino das temáticas em questão. No volume 3 estão compilados 20 capítulos que incluem artigos sobre óleos essenciais, produtos naturais e diferentes tipos de combustíveis.

Os objetivos principais da presente coleção são apresentar aos leitores diferentes aspectos das aplicações e pesquisas de química e de suas áreas correlatas no desenvolvimento de tecnologias e materiais que promovam a sustentabilidade e o ensino de química de forma transversal e lúdica.

Os artigos constituintes da coleção podem ser utilizados para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, para o ensino dos temas abordados e até mesmo para a atualização do estado da arte nas áreas de adsorventes, polímeros, análise e tratamento de água e efluentes, propostas didáticas para ensino de química, óleos essenciais, produtos naturais e combustíveis.

Após esta apresentação, convido os leitores a apreciarem e consultarem, sempre que necessário, a coleção “A Química nas áreas natural, tecnológica e Sustentável”. Desejo uma excelente leitura!

Érica de Melo Azevedo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A LEITURA DE ARTIGOS CIENTÍFICOS COMO PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Ana Nery Furlan Mendes

Silvia Pelição Batista

DOI 10.22533/at.ed.8662019061

CAPÍTULO 2..... 15

ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL AO DESCARTE DE RESÍDUOS ORGÂNICOS COMO FERRAMENTA NO ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Andréia Anele de Bortolli Pasa

Ledyane Rocha Uriartt

Rodrigo Lapuente de Almeida

DOI 10.22533/at.ed.8662019062

CAPÍTULO 3..... 22

ANÁLISE BIOLÓGICA NA ÁGUA DA PRAIA DO ARUCARÁ NO MUNICÍPIO DE PORTEL – PARÁ – BRASIL

Pedro Moreira de Sousa Junior

Fernanda Sousa de Carvalho

Marcelly Balieiro Alves

Mateus Higo Daves Alves

Antônio Reynaldo de Sousa Costa

Gabrielle Costa Monteiro

Orivan Maria Marques Teixeira

Auriane Consolação da Silva Gonçalves

Jessica Vasconcelos Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.8662019063

CAPÍTULO 4..... 32

ANÁLISE DA ESPESSURA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR COMO MEIO FILTRANTE EM FILTRO RESIDENCIAL

Matheus da Silva Soares

Giulia Engler Donadel

Evandro Roberto Alves

Priscila Pereira Silva

DOI 10.22533/at.ed.8662019064

CAPÍTULO 5..... 40

ANALYSIS OF CORROSION RESISTANCE BEHAVIOUR IN ACID MEDIUM OF ALUMINIUM ALLOY WITH INTERMETALLIC α -Al₁₅(Fe, Mn, Cr)₄Si₂

Moises Meza Pariona

DOI 10.22533/at.ed.8662019065

CAPÍTULO 6..... 53

AVALIAÇÃO DO BINÔMIO SABER POPULAR *VERSUS* SABER CIENTÍFICO

DE PLANTAS MEDICINAIS NO CONTEÚDO PROGRAMÁTICO DO 3º ANO DO ENSINO MÉDIO

Ossalin de Almeida
Elizabeth Maria Soares Rodrigues
Leonan Augusto da Silva Maciel
Antonio Maia de Jesus Chaves Neto

DOI 10.22533/at.ed.8662019066

CAPÍTULO 7..... 65

CONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO TOTAL EM PEIXES DO RIO TELES PIRES NA REGIÃO DA USINA HIDRELÉTRICA-UHE COLÍDER, MATO GROSSO

Solange Aparecida Arrolho da Silva
Anne Sthephane Arrolho Silva Correa
Liliane Stedile de Matos
Claumir Cesar Muniz
Aurea Regina Alves Ignacio
Michelli Regina de Almeida Cardoso Ramos

DOI 10.22533/at.ed.8662019067

CAPÍTULO 8..... 75

ELETRODOS MODIFICADOS COM CuO e Cu₂[Fe(CN)₆]: INVESTIGAÇÃO ELETROQUÍMICA NA PRESENÇA DE AZUL DE METILENO E ÍONS AG⁺

Wallonilson Veras Rodrigues
Anderson Fernando Magalhães dos Santos
Wesley Yargus Silva Santos
Welter Cantanhede da Silva

DOI 10.22533/at.ed.8662019068

CAPÍTULO 9..... 92

DROGAS DE ESTUPRO: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Aline Machado Zancanaro

DOI 10.22533/at.ed.8662019069

CAPÍTULO 10..... 102

EFEITO DO TEOR DE ÁGUA E DE NaCl SOBRE A DENSIDADE DA BARRIGA SUÍNA APÓS A SALGA

Rodrigo Rodrigues Evangelista
Marcio Augusto Ribeiro Sanches
Bruna Grassetti Fonseca
Andrea Carla da Silva Barretto
Javier Telis Romero

DOI 10.22533/at.ed.86620190610

CAPÍTULO 11..... 112

ENSINO DE CIÊNCIAS E FORMAÇÃO DE PROFESSORES SOBRE A PERSPECTIVA DA PRÁTICA INTERDISCIPLINAR

Lucilene Lösch de Oliveira

Pâmela Daniely Schwertner Werner
Ana Rita Kraemer da Fontoura
Samile Martel Rhoden

DOI 10.22533/at.ed.86620190611

CAPÍTULO 12..... 122

ESTUDO DA AÇÃO COMPETITIVA ENTRE CROMO E COBRE NA REAÇÃO DE COMPLEXAÇÃO UTILIZANDO EXTRATO DE MANJERICÃO COMO COMPLEXANTE ORGÂNICO

Alexandre Mendes Muchon
Alex Magalhães Almeida

DOI 10.22533/at.ed.86620190612

CAPÍTULO 13..... 129

AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DO MICROPOLUENTE NORFLOXACINA UTILIZANDO UV E UV + H₂O₂

Ani Caroline Weber
Bruna Costa
Sabrina Grandó Cordeiro
Renata Pelin Viciniescki
Ytan Andreine Schweizer
Letícia Angeli de Oliveira
Peterson Haas
Aline Botassoli Dalcorso
Gabriela Vettorello
Daniel Kuhn
Bárbara Buhl
Elziane Pereira Ferro
Aline Viana
Eduardo Miranda Ethur
Lucélia Hoehne

DOI 10.22533/at.ed.86620190613

CAPÍTULO 14..... 140

INSTRUMENTOS AVALIATIVOS: BUSCANDO PERSPECTIVAS PARA O ENSINO DE QUÍMICA NO CONTEXTO ESCOLAR

Carlos Alberto Soares dos Santos Filho
Morgana Welke
André de Azambuja Maraschin
Claudete da Silva Lima Martins

DOI 10.22533/at.ed.86620190614

CAPÍTULO 15..... 147

INTEGRANDO EDUCAÇÃO, QUÍMICA E TECNOLOGIA: INOVAÇÕES NO ENSINO INTERDISCIPLINAR NO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

Samile Martel Rhoden
Fabiana Beck Pires
Gláucia Luciana Keidann Timmermann

Larissa de Lima Alves
Lucilene Losh de Oliveira
DOI 10.22533/at.ed.86620190615

CAPÍTULO 16..... 156

USO POTENCIAL DA ÁGUA PRODUZIDA DE PETRÓLEO NA GERAÇÃO DE ENERGIA TERMELÉTRICA: TECNOLOGIA E PERFIL QUÍMICO

Adriana de Lima Mendonça
Lucas Barbosa Silva Neto
Wesley da Costa Araújo
Ruth Rufino do Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.86620190616

CAPÍTULO 17..... 165

PRODUÇÃO DE IOGURTE COMO TEMA GERADOR PARA UMA PRÁTICA INTERDISCIPLINAR NO ENSINO MÉDIO

Larissa de Lima Alves
Sandra Elisabet Bazana Nonenmacher
Samile Martel Rhoden
Taigor Quartieri Monteiro

DOI 10.22533/at.ed.86620190617

CAPÍTULO 18..... 175

USO DE UM SIMULADOR INTERATIVO PARA O ESTUDO QUALITATIVO DO CONCEITO DE DENSIDADE

Samuel Robaert

DOI 10.22533/at.ed.86620190619

CAPÍTULO 19..... 187

VÍDEOS DRAW-CHEMISTRY COMO RECURSO DIDÁTICO AUDIO-LOGO-VISUAL PARA DIVULGAÇÃO DE CIÊNCIAS/QUÍMICA

Narayana Sandes Silva
Ana Íris Correia Tavares da Silva
Monique Gabriella Angelo da Silva

DOI 10.22533/at.ed.86620190620

SOBRE A ORGANIZADORA..... 198

ÍNDICE REMISSIVO..... 199

ELETRODOS MODIFICADOS COM CuO E $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$: INVESTIGAÇÃO ELETROQUÍMICA NA PRESENÇA DE AZUL DE METILENO E ÍONS Ag^+

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 05/06/2020

Wallonilson Veras Rodrigues

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Estado do Maranhão
Caxias - Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/1397793364158233>

Anderson Fernando Magalhães dos Santos

Universidade Federal do Piauí
Teresina - Piauí
<http://lattes.cnpq.br/8492762985248770>

Wesley Yargus Silva Santos

Universidade Federal do Piauí
Teresina – Piauí
<http://lattes.cnpq.br/3621918590682972>

Welter Cantanhede da Silva

Universidade Federal do Piauí
Teresina - Piauí
<http://lattes.cnpq.br/5196604770480188>

RESUMO: Neste trabalho foram desenvolvidos eletrodos de carbono vítreo (ECV) modificados com CuO e hexacianoferrato de cobre II (CuHCF) para a investigação do poluente orgânico Azul de Metileno (AM) e o metal pesado prata na forma de íons Ag^+ , pela técnica de Voltametria Cíclica (VC). No estudo, utilizou-se o ECV no qual a sua modificação com CuO e CuHCF se deu pelo método de *drop coating* para a obtenção de *filmes casting* na sua superfície. Nas avaliações de interação com os analitos, o ECV modificado com

CuO (ECV/CuO) apresentou os coeficientes de linearidade (R^2) igual a 0,93917 para o processo de oxidação e $R^2 = 0,88622$ para a redução com diferentes concentrações de AM. Em seguida obteve-se $R^2 = 0,91278$ para a corrente oxidativa do ECV/CuO com os íons Ag^+ . Para o eletrodo ECV modificado com CuHCF (ECV/CuHCF), teve-se como melhor resultado, o $R^2 = 0,92774$ e $R^2 = 0,91225$ para as correntes oxidativas com o AM e $R^2 = 0,99071$ e $R^2 = 0,96388$ para a análise de Ag^+ para as descargas oxidativas e de redução, respectivamente. Assim, os eletrodos exibiram um comportamento interessante frente as variações de concentração dos analitos, sendo o ECV/CuHCF o que apresentou a melhor atividade eletroquímica para o sensoriamento de AM e Ag^+ . Dessa maneira, este artigo visa cooperar para o desenvolvimento de sensores eletroquímicos para a detecção em baixa concentração desses importantes poluentes.

PALAVRAS-CHAVE: Azul de metileno, prata, CuO, $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, voltametria cíclica.

CuO AND $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ MODIFIED ELECTRODES: ELECTROCHEMICAL INVESTIGATION IN PRESENCE OF METHYLENE BLUE AND Ag^+ IONS

ABSTRACT: In this work were developed glassy carbon electrodes (GCE) modified with CuO and hexacyanoferrate of copper II (CuHCF) to investigate the pollutant Methylene Blue (MB) and the ions Ag^+ , from the heavy metal Silver, through the Cyclic Voltammetry (CV) technique. In the study, a GCE was modified with CuO and CuHCF by a *drop coating* method to form *casting* films on its surface. In the analyses, the GCE

modified with CuO (ECV/CuO) showed correlation coefficients $R^2 = 0,93917$ and $R^2 = 0,88622$ to the oxidation and reduction processes respectively. Then, $R^2 = 0,91278$ to the oxidative current of ECV/CuO for Ag^+ ions was obtained. The GCE electrode modified with CuHCF (ECV/CuHCF) showed as best outcomes $R^2= 0,92774$ and $R^2= 0,91225$ to the oxidative currents in the MB analyses and $R^2=0,99071$ e $R^2=0,96388$ to the Ag^+ in the oxidation and reduction processes. Thus, the modified electrodes exhibited an interesting behavior in face of the analyte concentration variations and ECV/CuHCF presented the best electrochemical activity to the sensing of MB and Ag^+ . Therefore, this study aims to help the development of electrochemical sensors in the detection at low concentrations of these important pollutants.

KEYWORDS: Methylene Blue, silver, CuO, $Cu_2[Fe(CN)_6]$, cyclic voltammetry.

1 | INTRODUÇÃO

Os corantes orgânicos fazem parte do grupo dos compostos mais poluentes da hidrosfera do planeta, sendo empregados principalmente na indústria têxtil, do couro e algodão (MOUNIA *et al.*, 2018; MISHRA, 2018; TAMMINA *et al.*, 2018). Geralmente solúveis em água, são descartados indiscriminadamente causando graves problemas ambientais (NITHYA *et al.*, 2018; ADELEKE *et al.*, 2018). Eles tornam-se um risco à saúde humana devido aos seus efeitos mutagênicos e carcinogênicos, mesmo em baixas concentrações (YANG *et al.*, 2018; ZHANG, 2018; NITHYA *et al.*, 2018). Nesse contexto, o azul de metileno (AM), de fórmula molecular $C_{16}H_{18}N_3SCl$, pertence à classe dos azocorantes catiônicos de difícil biodegradação, sendo necessário métodos de alta complexidade para sua remoção (IBUPOTO *et al.*, 2018; GE *et al.*, 2018; SPAGNOLI *et al.*, 2017; ARDEKANI *et al.*, 2017). Desta forma, métodos analíticos que indiquem a sua quantificação, são importantes no controle de qualidade da água. Por exemplo, métodos como cromatografia líquida (KIM *et al.*, 2013; TURNIPSEED *et al.*, 1997), cromatografia de troca iônica (BURHENNE *et al.*, 2008), eletroforese capilar (BORWITZKY *et al.*, 2005; YANG *et al.*, 2011), quimiluminescência e espectroscopia na região do ultravioleta-visível (UV-VIS) (YANG *et al.*, 2015), são descritos na literatura como meios clássicos para sua quantificação. Embora esses métodos demonstrem serem promissores, a preparação da amostra e alto tempo requerido nas análises dificultam o controle desse poluente (KHAN *et al.*, 2014). Da mesma forma, metais pesados, mesmo em concentrações traço, demonstram ser um potente agente de poluição nos solos e fontes de água (CHENG *et al.*, 2019). Em especial a prata, o risco se torna elevado devido ao seu emprego em larga escala na indústria fotográfica, de baterias e no desenvolvimento de semicondutores (BROWER *et al.*, 1997; CERESA *et al.*, 2002; WEN *et al.*, 2010). Para a sua detecção, são empregadas técnicas de alto custo e elevada especialização, como espectroscopia de emissão, espectroscopia de massa acoplado a plasma (KRACHLER *et al.*, 2002; NDUNG *et*

al., 2006) e espectroscopia de absorção atômica por chama (DADFARNIA *et al.*, 2004; PU *et al.*, 1998)

Nesse sentido, o desenvolvimento de tecnologias de baixo custo, rapidez e seletividade tornam-se necessárias para o monitoramento de corantes orgânicos e metais pesados. Assim, o uso de técnicas eletroanalíticas, como a Voltametria Cíclica (VC), Voltametria de pulso diferencial (VPD) e Cronoamperometria, tornam-se ferramentas capazes de estimar a concentração de AM e íons prata (Ag^+). Embora, essas técnicas demonstrem ser promissoras, estudos envolvendo sensores eletroquímicos para a quantificação desses materiais são escassos na literatura. A dificuldade da mensuração analítica do AM se dá pela sua facilidade de eletrodeposição (SINGHAL *et al.*, 2016) e capacidade de polimerização nos eletrodos durante as análises (LIU *et al.*, 2017). Estudos promissores recentemente conduzidos por Sangeetha *et al.* (2019) indicaram um procedimento para a quantificação de AM usando eletrodos de beta hidróxibenzoato de cobalto. No referido trabalho, foi observado o aumento das corrente faradaicas do eletrodo a partir do aumento da concentração do corante, indicando que a VC pode ser uma técnica poderosa para o sensoriamento do analito. Pesquisas envolvendo a quantificação de prata além de escassas, necessitam de eletrodos de alto custo aliados a biomoléculas na forma de compósitos. Nesse contexto, embora pesquisas com eletrodos de ouro combinado com nanotubos de carbono e fitas simples de DNA ricas em citosina (YAN *et al.*, 2012), sensor baseado em DNA e AuNPs@PANI (YANG *et al.*, 2015) e eletrodo de ouro modificado com *quantum dots* de enxofre (FU *et al.*, 2020) demonstraram ser uma opção para determinar a concentração do metal, estudos para a quantificação do metal encontram-se ainda em estado incipiente na literatura.

Ademais, eletrodos modificados com nanopartículas de CuO (CuO NPs) e hexacianoferrato de cobre II ($\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, (CuHCF)) já demonstraram eficiência na análise quantitativa de um amplo espectro de compostos, incluindo peróxido de hidrogênio (YANG *et al.*, 2012), glicose (RAHIM *et al.*, 2017), nicotina (LEE e WOI, 2019), e metais pesados (GHICA *et al.*, 2013). Nesta perspectiva, este trabalho tem como objetivo analisar, pela primeira vez, a influência do AM e íons Ag^+ , em eletrodos modificados com CuO e CuHFC, respectivamente, no intuito de estimar suas concentrações pela técnica de VC.

2 I PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1 Materiais e Reagentes

Todos produtos químicos possuem procedência de grau analítico e foram utilizados sem purificação. Na síntese do complexo de azul da Prússia foram usados o hexacianoferrato (II) de potássio trihidratado P.A ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, (Isifar), cloreto

de ferro (III) hexahidratado 99 % ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Sigma-Aldrich) e ácido cítrico P.A. ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, Dinâmica). Para a síntese das nanopartículas de óxido de cobre utilizou-se sulfato de cobre (II) pentahidratado P.A. ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) e hidróxido de sódio 99 % (NaOH), que foram adquiridos pela Dinâmica e Sigma-Aldrich, respectivamente. Os reagentes citados foram usados para formação do material híbrido. O azul de metileno P.A. ($\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{S}$) foi obtido pela Synth e o AgNO_3 da Dinâmica. O tampão acetato foi preparado a partir da titulação de ácido acético glacial P.A. (CH_3COOH , Dinâmica) com uma solução de hidróxido de potássio $\geq 85\%$ (KOH , Sigma-Aldrich). A água usada nos experimentos foi purificada pelo sistema Purelab Option-Q (Elga) com resistência igual $18.2 \text{ M}\Omega \text{ cm}$.

2.2 Síntese do óxido de cobre (CuO)

O CuO foi obtido seguindo a metodologia de Kamila e Venugopal (2017) com pequenas alterações. O óxido de cobre foi sintetizado a partir da titulação de 20 mL de uma solução a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0,4998 g, $2 \times 10^{-3} \text{ mol}$) com 20 mL de $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ NaOH (0,16 g; $4 \times 10^{-3} \text{ mol}$) como agente titulante. O produto obtido foi lavado e centrifugado em triplicata a 3500 rpm e seco a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ por 2 h. Após esse tempo, o hidróxido de cobre II ($\text{Cu}(\text{OH})_2$) obtido foi calcinado a $400 \text{ }^\circ\text{C}$ por 4 h, para a obtenção do CuO.

2.3 Síntese do CuHCF

Em um frasco reacional foram adicionados 0,1 g de CuO, 1,96 g de ácido cítrico e 108,12 mg de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,4 mmol) que foram dispersos em 40 mL de água ultrapura. Paralelamente, foi preparada uma solução aquosa de 40 mL de $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 10 mmol L^{-1} (168,96 mg, 0,4 mmol) e 1,96 g de ácido cítrico. Separadamente essas misturas foram submetidas a um banho ultrassônico por 5 min e aquecidas até atingir a temperatura de $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Em seguida, a dispersão do frasco reacional foi submetida a purga de N_2 por 10 minutos e posteriormente titulada com $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, com o sistema alcançando a temperatura ambiente naturalmente, sob agitação mecânica por 1 h. O precipitado avermelhado obtido foi lavado e centrifugado em triplicata a 3500 rpm e seco $60 \text{ }^\circ\text{C}$ por 2 h.

2.4 Preparação dos Eletrodos Modificados

Antes das modificações, o eletrodo de carbono vítreo (ECV, diâmetro = 3 mm) foi polido com $0,05 \text{ }\mu\text{m}$ de suspensão de alumina. Em seguida, foi submetido ao banho ultrassônico em água ultrapura, etanol e álcool isopropílico, respectivamente. O eletrodo limpo foi seco com baixo fluxo de nitrogênio antes da preparação dos filmes. Estudou-se o comportamento dos filmes *casting* na superfície do eletrodo de carbono vítreo, pelo método de *drop coating*. Para o preparo dos eletrodos

modificados, 100 μL da dispersão coloidal de CuO (1 mg mL^{-1}) e CuHCF (2 mg mL^{-1}) foram gotejados na superfície do eletrodo de carbono vítreo e secos a 40 $^{\circ}\text{C}$ por 20 min. A estabilização dos eletrodos se deu com 50 ciclos de varredura a 100 mV s^{-1} no intervalo de potencial de -1,0 a 1,0 V, no qual usou-se o tampão acetato de $\text{pH} = 4,1$ como eletrólito, na temperatura de 25 $^{\circ}\text{C}$.

2.5 Estudos Eletroquímicos envolvendo AM e Ag^+

Os procedimentos de voltametria cíclica (VC) foram realizados em um equipamento potenciostat/galvanostat Autolab PGSTAT128N, acoplado a uma célula eletrolítica composta por um eletrodo de carbono vítreo (ECV) como eletrodo de trabalho, um contra eletrodo de platina de área de 0,35 cm^2 e um eletrodo de calomelano saturado (ECS) como referência. Primeiramente, as medidas eletroquímicas do AM e Ag^+ foram realizadas em solução aquosa, nas concentrações de $1,0 \times 10^{-5}$ e $1,0 \times 10^{-4}$ mol L^{-1} , respectivamente, com o ECV limpo em tampão acetato de $\text{pH} 4,1$. Em seguida, o comportamento eletroquímico dos eletrodos modificados com CuO e CuHCF , na presença do AM foi obtido numa célula eletroquímica, contendo uma solução de 20 mL de AM a $1,0 \times 10^{-5}$ mol L^{-1} e tampão acetato $\text{pH} 4,1$ após 50 ciclos de 100 mV s^{-1} . Posteriormente, a concentração do corante foi sendo reduzida pela metade, por efeito de diluição à cada nova análise, até alcançar a concentração de $3,125 \times 10^{-7}$ mol L^{-1} . Na etapa da diluição, 10 mL de solução contendo o corante eram retirados da célula eletrolítica e adicionados 10 mL de tampão acetato, na qual a célula era submetida a lenta agitação magnética por 5 minutos antes de cada medida eletroquímica. A análise de prata foi feita na presença de 15 mL de tampão acetato, com adição sucessiva de soluções contendo íons Ag^+ .

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características Eletroquímicas dos Eletrodos

O estudo do perfil eletroquímico das espécies CuO e CuHCF na velocidade de varredura 10 mV s^{-1} em tampão acetato ($\text{pH} = 4,1$), na temperatura de 25 $^{\circ}\text{C}$, bem como o ECV *limpo* são ilustrados pelos seus respectivos voltamogramas, na Fig. 1. De acordo com a Fig. 1a, o CuO apresentou o par redox $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$ (Equação 1) referente ao seu potencial de pico anódico (E_{pa}) igual a 0,041 V com sua respectiva corrente de pico anódico (i_{pa}) de 12,8 μA e pelo seu potencial pico catódico (E_{pc}) igual a -0,193 V com corrente de pico catódico (i_{pc}) igual a -7,7 μA . O potencial formal ($E_{1/2}$) deste produto foi de -0,076V e diferença de potencial (ΔE) igual a 0,234 V, indicando um sistema quasi-reversível (GHONEIM e EL-HALLAG, 2010). As características eletroquímicas do CuHCF (Fig. 1b) são atribuídas aos processos $\text{CuFe}^{2+}/\text{CuFe}^{3+}$ (Equação 2), com $E_{pa1} = 0,582$ V e $i_{pa1} = 7,6$ μA ; $E_{pc1} = 0,633$ V e $i_{pc1} = 7,95$ μA , com $E_{1/2} = 0,6075$ e $\Delta E = 0,051$ V.

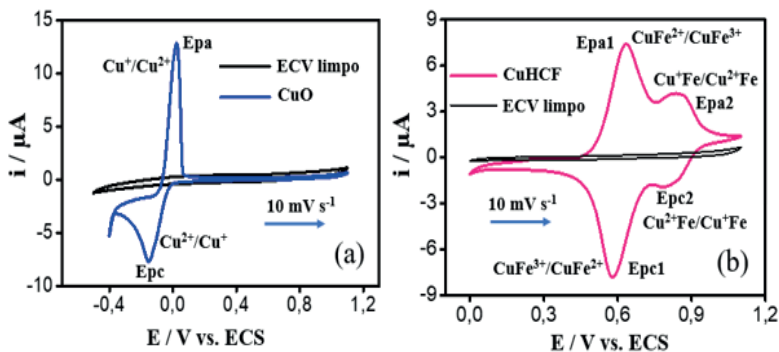


Figura 1. Voltamogramas cíclicos para CuO (a) e CuHCF (b) suportados sobre o ECV na velocidade de 10 mV s^{-1} em tampão acetato ($\text{pH} = 4,1$), na temperatura de 25°C .

O segundo processo pertence ao par $\text{Cu}^{2+}\text{Fe}/\text{Cu}^+\text{Fe}$ (Equação 3), com seu E_{pa2} de $0,845 \text{ V}$ e $i_{pa2} = 4,33 \mu\text{A}$ e $E_{pc2} = 0,787 \text{ V}$ de $i_{pc2} = 2,14 \mu\text{A}$, com $E_{1/2} = 0,816 \text{ V}$ e $\Delta E = 0,058 \text{ V}$ também caracterizando um processo quasi-reversível.



3.2 Análise de AM e íons Ag^+

Estudos de VC com velocidades de varredura foram realizados tanto com solução de Ag^+ ($1,0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$) nas velocidades $10, 25, 50, 100, 200$ e 300 mV s^{-1} (Fig. 2a), como para o AM ($1,0 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$) nas velocidades $50, 100, 200, 300, 400$ e 500 mV s^{-1} (Fig. 2b), no ECV sem modificação, para avaliação das correntes geradas pelas propriedades elétricas dos analitos.

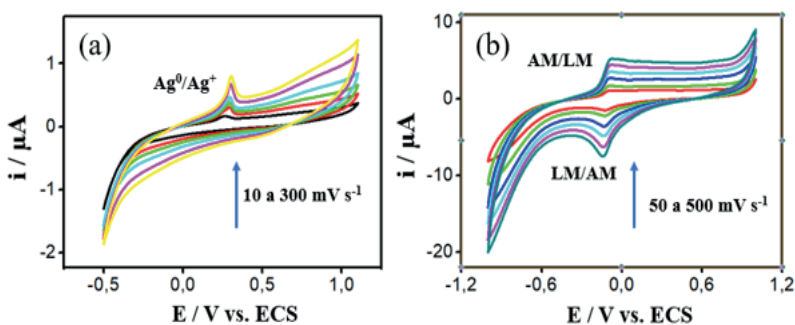


Figura 2. Voltamogramas cíclicos para Ag^+ (a) nas velocidades de $10, 25, 50, 75, 100, 200$ e 300 mV s^{-1} e para AM (b) nas velocidades de $50, 100, 200, 300, 400$ e 500 mV s^{-1} . Ag^+ e AM foram suportados sobre ECV em tampão acetato ($\text{pH} = 4,1$) a temperatura de 25°C .

A partir do voltamograma obtido no estudo com Ag^+ (Fig. 2a), que apresenta um processo de oxidação de Epa igual 0,29 V - referente ao Epa do par Ag^0/Ag^+ (Equação 4) (GUO *et al.*, 2016), pode-se perceber que apesar de um aumento significativo na velocidade de varredura e na mais alta concentração estudada para essa espécie, a corrente gerada pelo processo de oxidação ainda apresenta valores muito baixos ($0,8 \mu\text{A}$ a 300 mV s^{-1}). De maneira semelhante, os voltamogramas obtidos no estudo com AM (Fig. 2b) é verificado um processo com Epa = -0,077 V e Epc = -0,134 V, do par AM/Leucometileno (LM) (Fig.2) que apresenta valores diminutos de corrente, mesmo em elevadas velocidades de varredura ($5 \mu\text{A}$ a 500 mV s^{-1}). Dessa forma, para o sistema adotado, torna-se inviável o estudo da quantificação dessas espécies em concentrações mais baixas, sem a modificação do ECV com os materiais estudados neste trabalho.

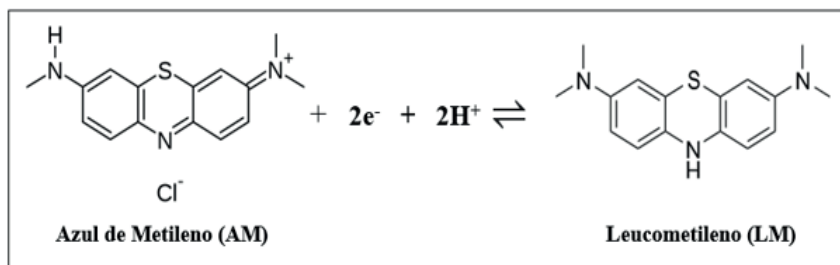


Figura 3. Reação de oxirredução do AM em LM em meio ácido.

3.3 Análise de AM

Inicialmente foi verificado a possibilidade da análise de AM por meio da adição sucessiva de 1mL de soluções a $1,0 \times 10^{-4}$; $1,0 \times 10^{-5}$; $1,0 \times 10^{-6}$; $1,0 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ a cada um dos sistemas contendo os *filmes casting* do CuO (Fig. 4a) e do CuHCF (Fig. 4b) em tampão acetato de pH = 4,1.

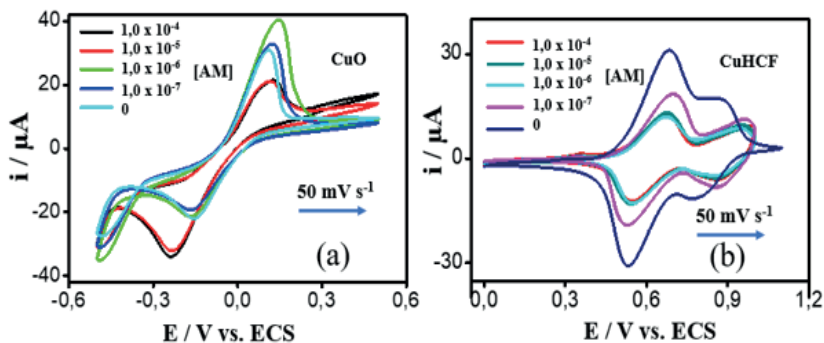


Figura 4. Voltamogramas de ECV modificados com CuO (a) e CuHCF (b), após adição sucessiva de 1 mL solução de AM nas concentrações de $1,0 \times 10^{-7}$; $1,0 \times 10^{-6}$; $1,0 \times 10^{-5}$; $1,0 \times 10^{-4}$ mol, em tampão acetato ($\text{pH} = 4,1$) a temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Verifica-se uma variação irregular das correntes faradaicas de oxidação e de redução com o aumento da concentração de AM na célula eletrolítica tanto para o CuO como para o CuHCF. Dessa forma, essa metodologia não se torna viável para o monitoramento das concentrações do corante. Adiante, esses desvios podem estar associados a processos de deposição do analito na superfície dos eletrodos, impedindo a sua difusão do mesmo pela solução (LIU *et al.*, 2017). De outra forma, a metodologia encontrada para a avaliação da concentração do AM, consistiu em estabilizar os eletrodos juntamente com a solução do corante, para que os equilíbrios adsorptivos pudessem ser alcançados e, posteriormente a avaliação das concentrações em função das correntes faradaicas pudessem ser acompanhadas. Assim, o estudo da variação da concentração do AM em função da diluição do analito no sistema, pode ser observado na Fig. 5. Nos voltamogramas pertencentes ao ECV modificado com CuO (Fig. 5a), percebe-se uma diminuição das correntes faradaicas após a adsorção do AM, quando comparadas ao eletrodo modificado com as CuO limpo (contendo somente o eletrólito, sem analito) na mesma velocidade de varredura.

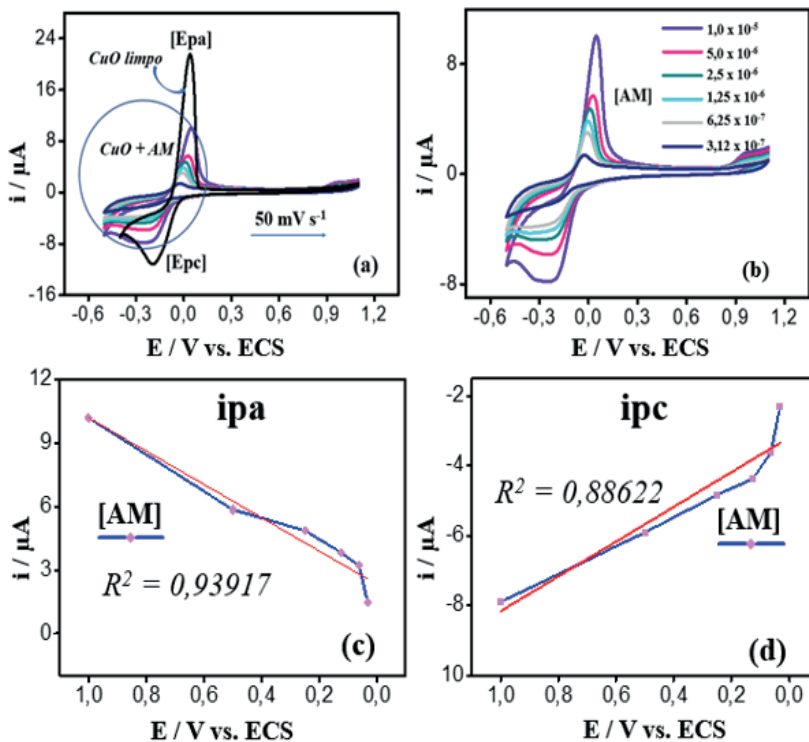


Figura 5. Voltamogramas do sensoriamento de AM (a), nas concentrações de $1,0 \times 10^{-5}$; $5,0 \times 10^{-6}$; $2,5 \times 10^{-6}$; $1,25 \times 10^{-6}$; $6,25 \times 10^{-7}$ e $3,125 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$, usando ECV modificado com CuO, em tampão acetato, pH = 4,1 a temperatura de 25 °C. O estudo de linearidade em função da concentração de AM é visto em (c) e (d).

Esse fenômeno pode ser compreendido como uma maior dificuldade de processos difusivos do eletrólito na superfície do eletrodo que facilitam os processos eletroquímicos do par $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$, pelo possível processo de adsorção do AM na superfície do eletrodo. A seguir, foi verificada uma diminuição da atividade eletroquímica do CuO (Fig. 5b), com a diminuição da concentração do AM na faixa de $1,0 \times 10^{-5}$; $5,0 \times 10^{-6}$; $2,5 \times 10^{-6}$; $1,25 \times 10^{-6}$; $6,25 \times 10^{-7}$ e $3,125 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ para os processos de oxidação e redução do CuO. A linearidade obtida referente ao processo de oxidação teve um coeficiente de linearidade (R^2) relacionando-se i_{pa} e $[\text{AM}]$ igual a 0,93917, como representado na Fig. 5c. Na Fig. 5d, o processo de redução (i_{pc} em função da concentração de AM), o valor obtido foi de $R^2 = 0,88622$. Assim, verifica-se uma correspondência entre a i_{pa} e a i_{pc} em função da redução da concentração de AM.

Posteriormente, a mesma metodologia foi empregada para a sensoriamento do AM (Fig. 6), com o ECV modificado com o CuHCF.

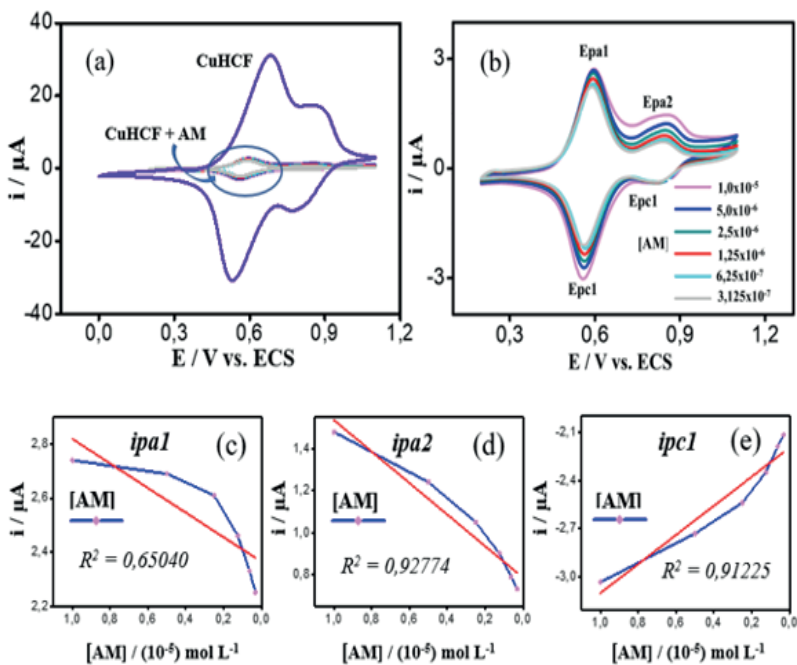


Figura 6. Voltamogramas do sensoriamento de AM (a), nas concentrações de $1,0 \times 10^{-5}$; $5,0 \times 10^{-6}$; $2,5 \times 10^{-6}$; $1,25 \times 10^{-6}$; $6,25 \times 10^{-7}$ e $3,125 \times 10^{-7}$ mol L⁻¹ mol L⁻¹ (b), usando ECV modificado com CuHCF, em tampão acetato, pH = 4,1 na temperatura de 25 °C. O estudo de linearidade em função da concentração de AM é visto em (c), (d), (e).

Assim, como ocorrido com o CuO, também foi verificado uma diminuição das correntes faradaicas das CuHCF após a estabilização do filme e processos adsorptivos do AM, nos eletrodos (Fig. 6a). Adiante, a averiguação dos sinais dos processos de oxirredução do CuHCF, a partir da diluição da solução contendo o analito, foi também acompanhada por uma redução de atividade eletroquímica em todos os seus processos (Fig. 6b). Diante dessa observação, foram analisados i_{pa1} (Fig. 6c) com $R^2 = 0,65040$, i_{pa2} (Fig. 6d) com $R^2 = 0,92774$ e i_{pc1} (Fig. 6e) com $R^2 = 0,91225$, dos quais apresentaram a melhor linearidade, com a redução na concentração do AM, sendo i_{pa1} e i_{pa2} , os que apresentaram melhor desempenho. Nos ensaios para o sensoriamento do AM em solução, o ECV modificado com o CuHCF, por apresentar uma maior linearidade, quando comparado ao CuO, o complexo metálico aponta para resultados mais promissores para o desenvolvimento de sensores eletroquímicos, na faixa de concentração analisada. Ainda nessa etapa, os resultados aqui apresentados estão de acordo com os obtidos por Sangeetha *et al.* (2019), nos quais as correntes faradaicas dos sistemas, tiveram um valor maior em concentrações mais elevadas de AM.

3.4 Análise de íons Ag⁺

A avaliação da concentração de prata do ECV modificado com CuO, foi feita pelo voltamograma cíclico na velocidade de varredura de 50 mV s⁻¹ (Fig. 7a), a partir da adição sucessiva de uma solução de AgNO₃, na qual a concentração de íons Ag⁺ na célula eletrolítica, alcançou os valores de concentração de 1,86x10⁻⁵; 3,84x10⁻⁵; 7,4x10⁻⁵; 1,32x10⁻⁴ e 2,14x10⁻⁴ mol L⁻¹, bem como o ECV modificado com CuO limpo ([Ag⁺] = 0 mol L⁻¹).

Comparando-se os valores de corrente na mesma velocidade com o eletrodo CuO limpo, verificou-se um aumento nas correntes dos processos eletroquímicos (Fig. 7a), após a primeira adição da alíquota contendo os íons prata (1,86x10⁻⁵ mol L⁻¹).

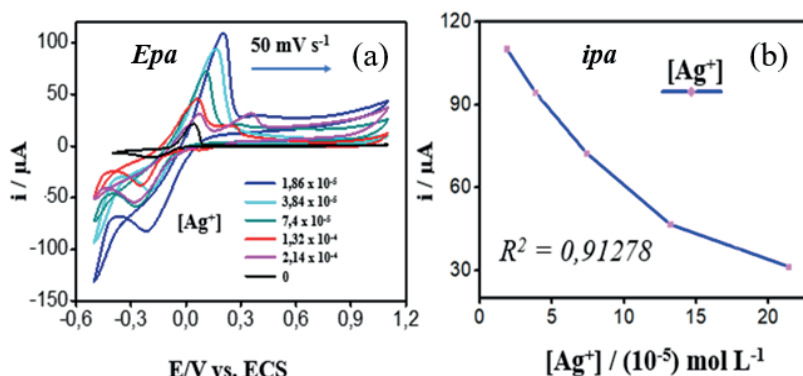


Figura 7. Voltamogramas para o sensoriamento de Ag⁺ (a), nas concentrações de 0; 1,86x10⁻⁵; 3,84x10⁻⁵; 7,4x10⁻⁵; 1,32x10⁻⁴ e 2,14x10⁻⁴ mol L⁻¹, usando ECV modificado com CuO em tampão acetato, pH = 4,1 na temperatura de 25 °C. O estudo de linearidade em função da concentração de Ag⁺ é visto em (b).

No entanto, a partir da segunda adição de íons Ag⁺ (3,84x10⁻⁵ mol L⁻¹), acompanhada pela leitura nos voltamogramas, percebeu-se uma diminuição nos valores de corrente dos processos de oxidação do CuO seguindo os valores de concentração 7,4x10⁻⁵; 1,32x10⁻⁴ e 2,14x10⁻⁴ mol L⁻¹. Essa observação, pode estar associada ao consumo de íons Cu⁺ pelos íons Ag⁺ com formação de nanopartículas de Ag⁰ (Ag⁰ NPs), conforme a Equação 5, diminuindo intensidade de correntes do processo Cu²⁺/Cu⁺.



Entretanto, na concentração mais elevada (2,14x10⁻⁴ mol L⁻¹) observou-se uma modificação no perfil eletroquímico do voltamograma, apresentando um

processo adicional em 0,36 V, referente ao processo Ag^0/Ag^+ ligeiramente deslocado para potenciais mais positivos, com o aumento da concentração de íons prata, sendo esse um comportamento geralmente observado na detecção de metais pesados (GUO *et al.*, 2016). Esse sinal, possivelmente seja atribuído à oxidação das Ag^0 NPs, formado no sistema durante todo o processo, indicando mais uma vez a interação entre íons Cu^+ e Ag^+ , pois o perfil de redução dos íons cúpricos se mostrou irregular durante a adição de prata. A verificação da linearidade das correntes de oxidação, em função da concentração, pode ser verificada na Fig. 7b, da qual obteve-se $R^2 = 0,91278$.

A análise voltamétrica de Ag^+ com o ECV modificado com CuHCF (Fig. 8a), assim como para o CuO, se deu pela adição de uma solução AgNO_3 . A melhor linearidade (Fig. 8b) foi alcançada com a concentração de íons Ag^+ nas concentrações de $3,81 \times 10^{-6}$; $10,7 \times 10^{-6}$; $22,1 \times 10^{-6}$; $34,0 \times 10^{-6}$ mol L^{-1} para o processo de oxidação representado pelo Epa1. Assim, como observado para o ECV modificado com CuO, também houve um aumento das correntes faradaicas de oxidação e de redução após a adição da primeira alíquota de Ag^+ , comparando-se ao ECV modificado com CuHCF limpo ($[\text{Ag}^+] = 0$ mol L^{-1}) na mesma velocidade de varredura (50 mVs^{-1}). Entretanto, houve um aumento crescente das correntes durante todo o processo de adição de íons prata. Não foram verificados novos processos eletroquímicos além do Epa1, Epa2, Epc1 e Epc2 característicos do CuHCF durante a análise, indicando que não houve a formação de Ag^0 NPs. Adiante, são apresentados os estudos de linearidade referentes ao ipa1 (Fig. 8b) com $R^2=0,99071$ e ipc1 (Fig. 8c) com $R^2 = 0,96388$, nos quais apresentaram boa linearidade no acompanhamento da concentração de Ag^+ , sendo a descarga oxidativa, a mais próxima do comportamento desejado. Como já reportado por alguns autores, a análise de íons prata já foi realizada por técnicas eletroanalíticas, com sensores feitos de guanina/nanotubos de carbono (LIU *et al.*, 2011) e oligonucleotídeos/nanotubos de carbono (ZHANG e YAN, 2014). No entanto, esses eletrodos são mais elaborados e dependem da complexação dos íons Ag^+ para a aferição da sua concentração em função do sinal voltamétrico. Da mesma forma, a reatividade do AM, tanto no seu processo de deposição, como sua propriedade de polimerização, dificulta a sua detecção quantitativa por técnicas eletroanalíticas. Assim, os ECVs modificados neste trabalho se mostraram promissores para o sensoriamento das espécies poluentes. Destaca-se aqui, o ECV modificado CuHCF, pois o mesmo apresentou melhores resultados para as curvas de calibração dos analitos, quando comparados com os resultados obtidos com CuO.

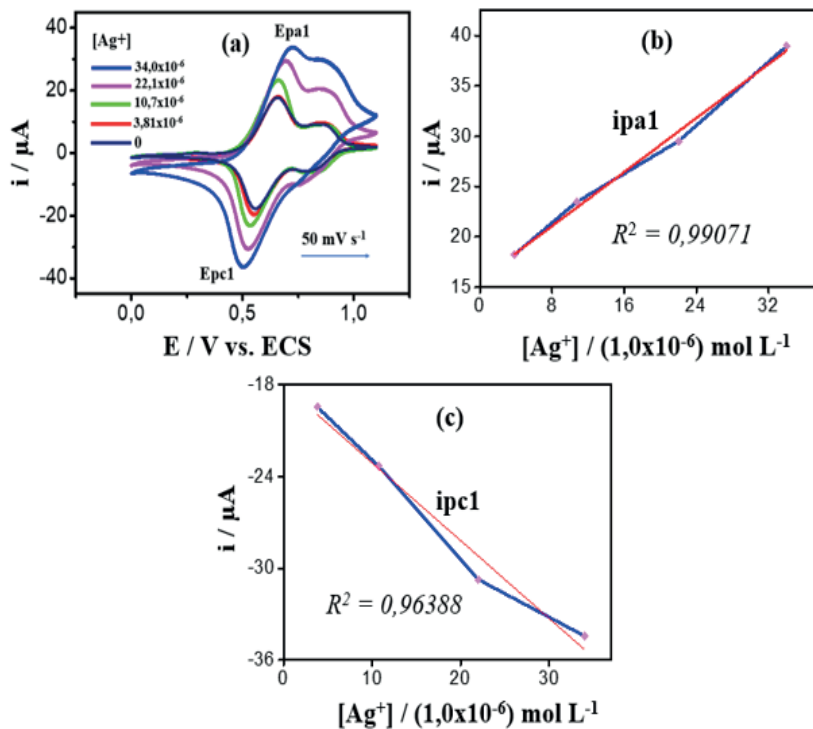


Figura 8. Voltamogramas para sensoriamento de Ag^+ (a), nas concentrações de 0, $3,81 \times 10^{-6}$; $10,7 \times 10^{-6}$; $22,1 \times 10^{-6}$; $34,0 \times 10^{-6}$ mol L^{-1} usando ECV modificado com CuHCF em tampão acetato, pH = 4,1 na temperatura de 25 °C. O estudo de linearidade em função da concentração de Ag^+ é visto em (b) e (c).

4 I CONCLUSÃO

Neste trabalho, foram desenvolvidos eletrodos simples para a detecção analítica de AM e Ag^+ pela técnica de VC, no qual o CuHCF oriundo de CuO apresentou melhores propriedades para o sensoriamento dos analitos pela técnica de VC, quando comparado ao eletrodo modificado com CuO. Por fim, a metodologia aqui empregada, mostra-se promissora para o desenvolvimento de sensores eletroquímicos do poluente orgânico e do metal pesado.

REFERÊNCIAS

ADELEKE JT, THEIVASANTHI T, THIRUPPATHI M, SWAMINATHAN M, AKOMOLAFE T, ALABI AB. Photocatalytic degradation of methylene blue by ZnO/NiFe 2 O 4 nanoparticles. **Applied Surface Science**. 455, 195-200, 2018.

ARDEKANI, P.S.; KARIMI, H.; GHAEDI, M.; ASFARAM, A.; PURKAIT, M. K. Ultrasonic assisted removal of methylene blue on ultrasonically synthesized zinc hydroxide nanoparticles on activated carbon prepared from wood of cherry tree: Experimental design methodology and artificial neural network. **Journal of Molecular Liquids**. 229, 114-124, 2017.

BORWITZKY, H.; HAEFELI, W.E.; BURHENNE, J. Analysis of methylene blue in human urine by capillary electrophoresis. **Journal of Chromatography B – Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences**. 826, 244–251, 2005.

BROWER, J.B.; RYAN, R.L.; PAZIRANDEH, M. Comparison of Ion-Exchange Resins and Biosorbents for the Removal of Heavy Metals from Plating Factory Wastewater. **Environmental Science and Technology**. 31, 2910–2914, 1997.

BURHENNE, J.; RIEDEL, K.D.; RENGELSHAUSEN, J.; MEISSNER, P.; MULLER, O.; MIKUS, G.; HAEFELI, W.E.; WALTER-SACK, I. Quantification of cationic anti-malaria agent methylene blue in different human biological matrices using cation exchange chromatography coupled to tandem mass spectrometry. **Journal of Chromatography B – Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences**. 863: 273–282, 2008.

CERESA, A; RADU, A; PEPER, S; BAKKER, E; PRETSCH, E. Rational Design of Potentiometric Trace Level Ion Sensors. A Ag⁺-Selective Electrode with a 100 ppt Detection Limit. **Analytical Chemistry**. 74, 4027–4036, 2002.

CHENG, Y. LI, H.; FANG, C.; AI, L.; CHEN, J.; SU, J.; ZHANG, Q.; FU, Q. Facile synthesis of reduced graphene oxide/silver nanoparticles composites and their application for detecting heavy metal ions. **Journal of Alloys and Compounds**. 787, 683-693, 2019.

DADFARNIA, S.; SHABANI, A.M.H.; GOHARI, M. Trace enrichment and determination of silver by immobilized DDTc microcolumn and flow injection atomic absorption spectrometry. **Talanta**. 64, 682–687, 2004.

FU, L.; WANG, A.; XIE, K.; ZHU, J.; CHEN, F.; WANG, H.; ZHANG, H.; SU, W.; ZHOU, C.; RUAN, S. Electrochemical detection of silver ions by using sulfur quantum dots modified gold electrodes. **Sensors and Actuators B: Chemical**. 304, 127390, 2020.

GE, M.; CAO, L.; DU, M.; HU, G.; JAHANGIR, A.S.M. Competitive adsorption analyses of a pure magadiite and a new silylated magadiite on methylene blue and phenol from related aqueous solution. **Materials Chemistry and Physics**. 217, 393 - 402, 2018.

GHICA, M. E.; CARVALHO, R. C.; AMINE, A.; BRETT, C. M.A. Glucose oxidase enzyme inhibition sensors for heavy metals at carbon film electrodes modified with cobalt or copper hexacyanoferrate. **Sensors and Actuators B**. 178, 270–278, 2013.

GHONEIM, M.M.; EL-HALLAG, I.S.; Electrochemical behavior of hexamethylbenzene isocloso ruthenium-borane complex at a glassy carbon electrode in non-aqueous medium. **Journal of Brazilian Chemistry Society**. 21, 7-15, 2010.

GUO, Y.; HUANG, N.; YANG, B.; WANG, C.; ZHUANG, H.; TIAN, Q.; ZHAI, Z.; LIU, L.; JIANG, X. Hybrid diamond/graphite films as electrodes for anodic stripping voltammetry of trace Ag⁺ and Cu²⁺. **Sensors and Actuators B**. 231, 194–202, 2016.

IBUPOTO, A. S.; QURESHI, U. A.; AHMED, F.; KHATRI, Z.; KHATRI, M.; MAQSOOD, M.; BROHI, R.Z.; KIM, I. S. Reusable carbon nanofibers for efficient removal of methylene blue from aqueous solution. **Chemical Engineering Research and Design**. 136, 744-752, 2018.

- KAMILA, S.; VENUGOPAL, V.R. Synthesis and structural analysis of different CuO nanoparticles. **International Journal of Applied Engineering Research**. 14, 133–146, 2017.
- KHAN, M.R.; KHAN, M.A.; ALOTHMAN, Z.A.; ALSOHAIMI, I.H.; NAUSHAD, M.; AL-SHAALAN, N.H. Quantitative determination of methylene blue in environmental samples by solid-phase extraction and ultra-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry: a green approach. **The Royal Society of Chemistry**. 4, 34037-34044, 2014.
- KIM, S. J.; HA, D. J.; KOO, T. S. Simultaneous quantification of methylene blue and its major metabolite, azure B, in plasma by LC-MS/MS and its application for a pharmacokinetic study. **Biomedical Chromatography**. 28 (4), 518–524, 2014.
- KRACHLER, M.; MOHL, C.; EMONS, H.; SHOTYK, W. Analytical procedures for the determination of selected trace elements in peat and plant samples by inductively coupled plasma mass spectrometry. **Spectrochimica Acta Part B**. 57, 1277–1289, 2002.
- LEE, P. K.; WOI, P. M. Direct self-assembly of CuHCF-PPy nanocomposites on rGO for amperometric nicotine sensing at high concentration range. **Journal of Electroanalytical Chemistry**. 837, 67-75, 2019.
- LIU, B.; CANG, H.; CUI, L.; ZHANG, H. Electrochemical polymerization of methylene blue on glassy carbon electrode. **International Journal of Electrochemical Science**. 12, 9907-9913, 2017.
- LIU, X.; LI, W.; SHEN, Q.; NIE, Z.; GUO, M.; HAN, Y.; YAO, S. The Ag⁺-G interaction inhibits the electrocatalytic oxidation of guanine – A novel mechanism for Ag⁺ detection. **Talanta**. 85 (3), 1603–1608, 2011.
- MISHRA, D.D.; TAN, G. Visible photocatalytic degradation of methylene blue on magnetic SrFe₁₂O₁₉. **Journal of Physics and Chemistry of Solids**. 123: 157-161, 2018.
- MOUNIA, L.; BELKHIRIB, L.; BOLLINGERC, J-C; BOUZAZAD, A.; ASSADID, A.; TIRIB, A.; DAHMOUNEE, F.; MADANIE, K.; REMINIE, H. Removal of Methylene Blue from aqueous solutions by adsorption on Kaolin: Kinetic and equilibrium studies. **Applied Clay Science**. 153, 38-45. 2018.
- NDUNG, K.; RANVILLE, M.A.; FRANKS, R.P.; FLEGAL, A.R. On-line determination of silver in natural waters by inductively-coupled plasma mass spectrometry: influence of organic matter. **Marine Chemistry**. 98, 109–120, 2006.
- NITHYA, R.; SIVASANKARI, C.; THIRUNAVUKKARASU, A.; SELVASEMBIAN, R. Novel adsorbent prepared from bio-hydrometallurgical leachate from waste printed circuit board used for the removal of methylene blue from aqueous solution. **Microchemical Journal**. 142, 321-328. 2018.
- PU, Q.; SUN, Q.; HU, Z.; SU, Z. Application of 2-mercaptobenzothiazole-modified silica gel to on-line preconcentration and separation of silver for its atomic absorption spectrometric determination. **Analyst**. 123, 239–243, 1998.

RAHIM, A.; REHMAN, Z.U.; MIR, S.; MUHAMMAD, N.; REHMAN, F.; NAWAZ, M.H.; YAQUB, M.; SIDDIQI, S.A.; CHAUDHRY, A.A. A non-enzymatic glucose sensor based on CuO-nanostructure modified carbon ceramic electrode. **Journal of Molecular Liquids**. 248, 425–431, 2017.

SANGEETHA, S.; KRISHNAMURTHY, G.; RAGHAVAN, M. S. Electrochemical sensing and photocatalytic degradation of methylene blue (MB) dye by cobalt-beta hydroxy benzoate complex. **Materials Science in Semiconductor Processing**. 101, 164–173, 2019.

SINGHAL, C.; MALHOTRA, N.; CHAUHAN, N.; NARANG, S.; PUNDIR, C.S.; NARANG, J. Hierarchical electrodeposition of methylene blue on ZnO nanocrystals thin films layered on SnO₂/F electrode for in vitro sensing of anti-thalassemic drug. **Materials Science and Engineering C**. 62, 596-604, 2016.

SPAGNOLI, A.A.; GIANNAKOUDAKIS, D.A.; BASHKOVA, S. Adsorption of methylene blue on cashew nut shell based carbons activated with zinc chloride: The role of surface and structural parameters. **Journal of Molecular Liquids**. 229, 465-471, 2017.

TAMMINA, S.K.; MANDAL, B.K.; KADIYALA, N.K. Photocatalytic Degradation of Methylene Blue Dye by Nonconventional synthesized SnO₂ Nanoparticles. **Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management**. 10, 339 – 350, 2018.

TURNIPSEED, S.B.; ROYBAL, J.E.; PLAKAS, S.M.; PFENNING, A.P.; HURLBUT, J.A.; LONG, A.R. Determination of methylene blue in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) tissue by liquid chromatography with visible detection. **Journal of AOAC International**. 80, 31–35, 1997.

WEN, Y.Q.; XING, F.F.; HE, S.J.; SONG, S.P.; WANG, L.H.; LONG, Y.T.; Li, D.; FAN, C.H. A graphene-based fluorescent nanoprobe for silver(i) ions detection by using graphene oxide and a silver-specific oligonucleotide. **Chemical Communications**. 46, 2596–2598, 2010.

YANG, G.; CHEN, F.; YANG, Z. Electrochemical oxidation of hydrogen peroxide based on the shuttlelike nano-CuO-modified electrode. **International Journal of Electrochemistry**. 2012, 6, 2012.

YAN, G.; WANG, Y.; HE, X.; WANG, K.; SU, J.; CHEN, Z.; QING, Z. A highly sensitive electrochemical assay for silver ion detection based on un-labeled C-rich ssDNA probe and controlled assembly of MWCNTs. **Talanta**. 94, 178-183, 2012.

YANG F.; XIA S.F.; LIU Z.C.; CHEN, J.A.; LIN, Y.H.; QIU, B.; CHEN, G.N. Analysis of methylene blue and its metabolites in blood by capillary electrophoresis/electrospray ionization mass spectrometry. **Electrophoresis**. 32, 659–664, 2011.

YANG, X.; CHEN, W.; HUANG, J.; ZHOU, Y.; ZHU, Y.; LI, C. Rapid degradation of methylene blue in a novel heterogeneous Fe₃O₄@rGO@TiO₂-catalyzed photo-Fenton system. **Scientific Reports**. 5, 10632, 2015.

YANG, Y.; ZHANG, S.; KANG, M.; HE, L.; ZHAO, J.; ZHANG, H.; ZHANG, Z. Selective detection of silver ions using mushroom-like polyaniline and gold nanoparticle nanocomposite-based electrochemical DNA sensor. **Analytical Biochemistry**. 490, 7-13, 2015.

YANG, Y.Y.; HE, M.Q.; LI, M.X.; HUANG, Y.Q.; CHI, T.; WANG, Z.X. Ferrimagnetic copper-carboxyphosphinate compounds for catalytic degradation of methylene blue. **Inorganic Chemistry Communications**. 94: 5 - 9. 2018.

ZHANG, J.; LI, F.; SUN, Q. Rapid and selective adsorption of cationic dyes by a unique metal-organic framework with decorated pore surface. **Applied Surface Science**. 440, 1219 - 1226, 2018.

ZHANG, Z.; YAN J. A signal-on electrochemical biosensor for sensitive detection of silver ion based on alkanethiol-carbon nanotube-oligonucleotide modified electrodes. **Sensors and Actuators B: Chemical**, 202, 1058-1064, 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abordagem didática para o ensino de química 92

Agrotóxicos 175, 176, 178, 179

Alimento 165

Aluminium alloy 40, 52

Amazônia meridional 66, 68

Azul de metileno 75, 76, 78

B

Bagaço de cana-de-açúcar 32, 34, 36

Barriga suína 102, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 111

BNCC 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 13

C

Compostagem 15, 17, 18, 20, 21

Concentração de mercúrio total em peixes 65

Corrosion resistance 40, 42

D

Densidade 102, 103, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 160, 172, 180, 181, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191

Divulgação de ciências 192, 193

Drogas de abuso 92, 94

E

Educação 1, 3, 5, 6, 9, 13, 15, 16, 20, 53, 54, 56, 57, 62, 63, 64, 75, 92, 93, 100, 101, 113, 115, 120, 121, 140, 143, 146, 147, 148, 149, 153, 154, 155, 165, 167, 174, 175, 178, 179, 190, 193, 195, 202, 203

Educação ambiental 15, 16, 179

Ensino-aprendizagem 2, 4, 9, 10, 12, 112, 114, 119, 195

Ensino de química 1, 53, 57, 63, 92, 100, 114, 140, 148, 174, 175, 178, 179, 180, 181, 183, 184, 190, 192, 200, 201

Estudo qualitativo 180, 185

F

Filtro residencial 32, 38

Formação de professores 13, 62, 112, 118

Funções orgânicas 6, 57, 58, 92, 93, 94, 98, 99, 100, 169, 170

H

HPAs 156, 158, 159, 160, 162, 163

I

Ictiofauna 66, 70, 71

Instrumentos avaliativos 140, 141, 142, 143, 145

Interdisciplinaridade 54, 55, 94, 112, 117, 147, 148, 153, 154, 155, 165, 167

L

Licenciatura em Química 112, 113, 115, 121, 147, 148, 149, 150, 155, 177

M

Metodologias alternativas 1

N

Norfloxacin 130, 137, 138, 139

Norfloxacin 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138

P

Plantas medicinais 53, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64

Processos oxidativos avançados 130, 131, 138

Produção de iogurte 165, 167, 170, 171, 172, 173

Produção de vídeos 192, 193, 194, 196, 197, 202

Q

Química desenhada 192, 195

Química verde 122, 123, 128

R

Reação de complexação 122, 124, 128

S

Saber científico 53, 62

Salga úmida 102, 103, 104, 105, 107, 109, 111

Saneamento 23, 29, 30, 38, 164

Saúde pública 23, 24, 29, 30

Simulações interativas 180, 184, 189




T

Tema gerador 165, 167, 168, 173, 175, 179

V

Voltametria cíclica 75, 77, 79

A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável **2**

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

A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável **2**



www.arenaeditora.com.br



contato@arenaeditora.com.br



[@arenaeditora](https://www.instagram.com/arenaeditora)



www.facebook.com/arenaeditora.com.br