



A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA QUÍMICA 2

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)



A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA QUÍMICA 2

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
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 Internazionale 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
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª 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
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl 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
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª 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
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª 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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
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
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
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 Miraniide 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. 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
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª 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
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. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
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
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
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/UFGA
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 Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia 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
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª 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
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
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
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
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

A geração de novos conhecimentos na química 2

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Maiara Ferreira
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Eleonora Celli Carioca Arenare

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G354 A geração de novos conhecimentos na química 2 /
Organizadora Eleonora Celli Carioca Arenare. – Ponta
Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-170-8
DOI 10.22533/at.ed.708212206

1. Química. I. Arenare, Eleonora Celli Carioca
(Organizadora). 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

A proposta implícita nessa coletânea fundamenta-se numa valorização eclética da pluralidade e diversidade, que reúne pesquisas que envolvem diversas linhas de abordagem, destacando-se por meio de tendências de estudos envolvendo a Ciência “Química”. Tendo como propósito principal disseminar e divulgar no meio acadêmico, envolvido com tal Ciência, informações provenientes de estudos e pesquisas desenvolvidas pela comunidade acadêmica contemporânea.

O e-book “A Geração de Novos Conhecimentos na Química”, está dividido em dois volumes, totalizando 46 artigos científicos, destacando-se temáticas pesquisadas e discutidas por estudantes, professores e pesquisadores. Os quais evidenciam, artigos teóricos e pesquisas de campo, abrangendo a linha de Ensino e diversas outras linhas de estudo, que se desenvolveram por meio de pesquisas laboratoriais.

O volume I aborda tendências, envolvidos com a área de Ensino de Química, os quais dão ênfase as seguintes abordagens: Ensino Remoto, Experimentação, Concepções Pedagógicas, Bioinformática, Contextualização, Jogos Lúdicos, Redes Sociais, Epistemologia, Formação de Professores, Habilidades e Competências e Metodologias utilizadas no processo de Ensino e Aprendizagem.

O volume II aborda temáticas de cunho experimental, desenvolvidas e comprovadas por meio das análises desenvolvidas em diferentes universidades brasileiras, dando ênfase à: Química Inorgânica, Eletroquímica, Química Orgânica, Química dos Alimentos, Quimiometria, Química Analítica, Química Biológica, Nanoquímica e Processos Corrosivos.

A coletânea é indicada para àqueles (estudantes, professores e pesquisadores) envolvidos com a Ciência “Química”, que anseiam por intermédio de informações atualizadas, apropriarem-se de novas informações, correlacionadas a pesquisas acadêmicas, tendo desta forma, novas bases de estudo e investigação para a aquisição e construção de novos conhecimentos.

Excelente leitura!

Eleonora Celli Carioca Arenare

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE BROMATOLÓGICA DO ÓLEO DE COCO (*Cocos nucifera* L.) E DO ÓLEO DE ABACATE (*Persea americana* Mill.)

Natasha Alves Rocha
Valdiléia Teixeira Uchôa
Camila Alves Rocha
Maria Karina da Silva
Maciel Lima Barbosa
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos
Luis Fernando Guimarães Noletto
Penina Sousa Mourão
Francisco Henrique Pereira Lopes
Camila da Silva Ibiapina
Aline Estefany Brandão Lima
Marta Silva de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.7082122061

CAPÍTULO 2..... 14

APLICAÇÃO DO FILME DE SILANOS VS/GPTMS MODIFICADOS COM A CASCA DO ALHO PARA A PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DO AÇO GALVANIZADO

Iago Magella Fernandes Costa Rossi e Silva
Lhaira Souza Barreto
Mirian Sanae Tokumoto
Fernando Cotting
Franco Dani Rico Amado
Vera Rosa Capelossi

DOI 10.22533/at.ed.7082122062

CAPÍTULO 3..... 26

AVALIAÇÃO DA COMPLEXAÇÃO ENTRE SACARINA E MÔNOMERO ORGÂNICO - INORGÂNICO POR TITULAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICA

Izabella Fernanda Ferreira Domingues
Camila Santos Dourado
Jez Willian Batista Braga
Ana Cristi Basile Dias

DOI 10.22533/at.ed.7082122063

CAPÍTULO 4..... 36

AVALIAÇÃO DE USO DE FIBRAS DA AMAZÔNIA PARA REFORÇO EM COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER

Syme Regina Souza Queiroz
José Maria Braga Pinto
Vanessa Maria Yae do Rosario Taketa
Nilton Cesar Almeida Queiroz
Emerson Rodrigues Bastos Junior
Vera Lúcia Dias da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7082122064

CAPÍTULO 5.....	45
AÇÃO INIBIDORA DA CAFEÍNA CONTRA A CORROSÃO DO AÇO CARBONO SAE 1020 EM MEIO DE CLORETO DE SÓDIO	
Diene de Barros Ferreira	
Felipe Staciaki da Luz	
Gideã Taques Tractz	
Guilherme Arielo Rodrigues Maia	
Letícia Fernanda Gonçalves Larsson	
Paulo Rogério Pinto Rodrigues	
Everson do Prado Banczek	
DOI 10.22533/at.ed.7082122065	
CAPÍTULO 6.....	55
CATÁLISE NA QUÍMICA FINA: SÍNTESE DE ÁCIDO BENZÓICO PELA OXIDAÇÃO DO ÁLCOOL BENZÍLICO SOBRE NANOPARTÍCULAS DE OURO SUPORTADAS EM Sr(OH)₂-SrCO₃@CoFe₂O₄	
Pelry da Silva Costa	
Jussara Moraes da Silva	
Itaciara Erliny Maria da Silva Melo	
Carla Verônica Rodarte de Moura	
Edmilson Miranda de Moura	
DOI 10.22533/at.ed.7082122066	
CAPÍTULO 7.....	69
DETERMINATION OF LODENAFIL CARBONATE BY SQUARE-WAVE CATHODIC STRIPPING VOLTAMMETRY	
Jonatas Schadeck Carvalho	
Sueli Pércio Quináia	
DOI 10.22533/at.ed.7082122067	
CAPÍTULO 8.....	81
DESENVOLVIMENTO DE BIOFILMES PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA LARANJA PÊRA	
Taís Port Hartz	
DOI 10.22533/at.ed.7082122068	
CAPÍTULO 9.....	85
DETERMINAÇÃO DE TEMPERATURA DE TORRA POR ANÁLISE TÉRMICA	
Francisco Raimundo da Silva	
Weverton Campos Nozela	
Diógenes dos Santos Dias	
Clóvis Augusto Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.7082122069	
CAPÍTULO 10.....	96
DETERMINAÇÃO POR GC-MS DOS PRINCIPAIS COMPOSTOS VOLÁTEIS EM GALHOS E FOLHAS DE MANSOA HIRSUTA	
Nayra Micaeli dos Santos Sousa	

Patrícia e Silva Alves
Paulo Sousa Lima Junior
Joaquim Soares da Costa Junior
Christian Rilza Silva de Melo
Nerilson Marques Lima
Antônia Maria das Graças Lopes Citó
Teresinha de Jesus Aguiar dos Santos Andrade

DOI 10.22533/at.ed.70821220610

CAPÍTULO 11..... 104

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE MÉTODOS ANALÍTICOS POR CLAE-DAD E UV-Vis PARA QUANTIFICAÇÃO DE FLAVONOIDES NAS FOLHAS DE TRIPLARIS GARDNERIANA WEDD. (POLYGONACEAE)

Sandra Kelle Souza Macêdo
Emanuela Chiara Valença Pereira
Isabela Araújo e Amariz
David Fernandes Lima
Jackson Roberto Guedes da Silva Almeida
Larissa Araújo Rolim
Xirley Pereira Nunes

DOI 10.22533/at.ed.70821220611

CAPÍTULO 12..... 130

ESTUDO DA ADSORÇÃO DE ÍONS A NANOPARTÍCULAS DE FERRITA DE COBALTO CoFe_2O_4

Caio Carvalho dos Santos
Wesley Renato Viali
Eloiza da Silva Nunes Viali
Miguel Jafelicci Júnior
Rodrigo Fernando Costa Marques

DOI 10.22533/at.ed.70821220612

CAPÍTULO 13..... 142

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE HIDROLISADOS DE BSG NA SUBSTITUIÇÃO DA SOJA COMO PROTEÍNA VEGETAL ADICIONADA

Suyanne Teske Pires
Rodrigo Geremias

DOI 10.22533/at.ed.70821220613

CAPÍTULO 14..... 150

FILMES DE AMIDO/QUITOSANA ADICIONADOS DE FIBRAS E CRITAIS DE NANOCELULOSE OBTIDOS DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS

Renata Paula Herrera Brandelero
Evandro Martim Brandelero
Guilherme Landim Santos

DOI 10.22533/at.ed.70821220614

CAPÍTULO 15..... 161

FOTOCATALISADORES À BASE DE d-FeOOH E NiO: ESTUDO EXPERIMENTAL E ASPECTOS TEÓRICOS

Mariana de Rezende Bonesio
Francisco Guilherme Esteves Nogueira
Daiana Teixeira Mancini
Teodorico de Castro Ramalho

DOI 10.22533/at.ed.70821220615

CAPÍTULO 16..... 163

RHODAMINE B PHOTODEGRADATION OVER Ag_3PO_4 /SBA-15 UNDER VISIBLE RADIATION BASED ON WLEDS LIGHT

Luis Fernando Guimarães Noletto
Francisco Henrique Pereira Lopes
Vitória Eduardo Mendes Vieira
Marta Silva de Oliveira
Maria Karina da Silva
Camila da Silva Ibiapina
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos
João Ferreira da Cruz Filho
Lara Kelly Ribeiro da Silva
Aline Estefany Brandão Lima
Maria Joseíta dos Santos Costa
Geraldo Eduardo da Luz Júnior

DOI 10.22533/at.ed.70821220616

CAPÍTULO 17..... 183

LACTOFERRINA: PROPRIEDADES ESTRUTURAS E SUAS FUNÇÕES BIOLÓGICAS

Edson Ferreira da Silva
Milena Bandeira de Melo
Marta Maria Oliveira dos Santos Gomes
Sonia Salgueiro Machado
Fabiane Caxico de Abreu Galdino

DOI 10.22533/at.ed.70821220617

CAPÍTULO 18..... 195

NANOFLUIDOS DE SULFETO DE COBRE

Caio Carvalho dos Santos
Wesley Renato Viali
Eloiza da Silva Nunes Viali
Miguel Jafelicci Júnior
Rodrigo Fernando Costa Marques

DOI 10.22533/at.ed.70821220618

CAPÍTULO 19.....207

NANOTUBOS DE TITANATO DE SÓDIO ($\text{Na}_x\text{H}_{2-x}\text{Ti}_3\text{O}_7$) OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL

Isabela Marcondelli Iani
Rafael Aparecido Ciola Amoresi
Alexandre Zirpoli Simões
Glenda Biasotto
Maria Aparecida Zaghete
Elson Longo
Leinig Antonio Perazolli

DOI 10.22533/at.ed.70821220619

CAPÍTULO 20.....220

PRODUCTION OF ROD-LIKE MORPHOLOGY OF $\text{Cu}_3(\text{BTC})_2$ METAL-ORGANIC FRAMEWORKS USING ONE MINUTE SONICATION

Aline Geice Silva de Oliveira
Daniela Cordeiro Leite Vasconcelos
Peter George Weidler
Wander Luiz Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.70821220620

CAPÍTULO 21.....231

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE NANOFIBRAS DE CARBONO POR FIAÇÃO POR SOPRO A PARTIR DE POLIACRILONITRILA

Lais Angelice de Camargo
Monica Cristina Ferro Martins
José Manoel Marconcini
Luiz Henrique Capparelli Mattoso

DOI 10.22533/at.ed.70821220621

CAPÍTULO 22.....237

PROPRIEDADES MECÂNICAS DE FILMES DE AMIDO TERMOPLÁSTICO NA PRESENÇA DE UREIA

João Otávio Donizette Malafatti
Thamara Machado de Oliveira Ruellas
Letícia Ferreira Lacerda Schildt
Marcelo Ávila Domingues
Bruna Santostaso Marinho
Mariana Rodrigues Meirelles
Elaine Cristina Paris

DOI 10.22533/at.ed.70821220622

CAPÍTULO 23.....250

QUÍMICA FORENSE: DESMISTIFICANDO AS ANÁLISES CRIMINALÍSTICAS CINEMATOGRAFICAS

Anna Maria Deobald
Maísa Silveira
Aline Machado Zancanaro

DOI 10.22533/at.ed.70821220623

CAPÍTULO 24.....263

REAÇÕES DE DESSULFURIZAÇÃO OXIDATIVA DO DIBENZOTIOFENO CATALISADA POR COMPLEXOS DE VANÁDIO, NIÓBIO E MOLIBDÊNIO

Carlos Taryk Bessa da Silva
Juliana Moreira Barreto
Paula Marcellly Alves Machado
Elizabeth Roditi Lachter

DOI 10.22533/at.ed.70821220624

CAPÍTULO 25.....274

SIMULAÇÕES DE DOCKING E DINÂMICA MOLECULAR NA BUSCA DE FÁRMACOS MODULADORES DO SISTEMA NEUROINFLAMATÓRIO EM INFECÇÕES PELO SARS-COV-2

Micael Davi Lima de Oliveira
Kelson Mota Teixeira de Oliveira
Jonathas Nunes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.70821220625

CAPÍTULO 26.....296

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE COMPLEXOS DE PALÁDIO(II) COM LIGANTE FOSFÍNICO

Thais Castro Silva
Alessandra Stevanato
Adriana Pereira Duarte
Cláudio Rodrigo Nogueira
Janksyn Bertozzi
Valéria da Silva Cavania
Cristiana da Silva

DOI 10.22533/at.ed.70821220626

CAPÍTULO 27.....309

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO de Fe_3O_4/SiO_2 E SUA APLICAÇÃO NA MODIFICAÇÃO DE ELETRODO IMPRESSO DE CARBONO

Vanessa Cezar Ribas
Jacqueline Arguello da Silva
Thágor Moreira Klein
Larissa Leffa Fernandes
Vladimir Lavayen

DOI 10.22533/at.ed.70821220627

CAPÍTULO 28.....320

TUNGSTATO DE MAGNÉSIO ($MgWO_4$): UMA REVISÃO SOBRE OS MÉTODOS DE SÍNTESE

Vitória Eduardo Mendes Vieira
Luis Fernando Guimarães Noletto
Francisco Henrique Pereira Lopes
Marta Silva de Oliveira
Ester Pamponet Ribeiro

Keyla Raquel Batista da Silva Costa
Maria Karina da Silva
Caroline Maria Vasconcelos Paz Ramos
Maria Joséfa dos Santos Costa
Amanda Carolina Soares Jucá
Yáscara Lopes de Oliveira
Laécio Santos Cavalcante

DOI 10.22533/at.ed.70821220628

SOBRE A ORGANIZADORA.....	334
ÍNDICE REMISSIVO.....	335

DETERMINATION OF LODENAFIL CARBONATE BY SQUARE-WAVE CATHODIC STRIPPING VOLTAMMETRY

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 13/05/2021

Jonatas Schadeck Carvalho

Universidade Estadual do Centro-Oeste
Guarapuava – PR
<http://lattes.cnpq.br/8222697122139204>

Sueli Pércio Quináia

Universidade Estadual do Centro-Oeste
Guarapuava – PR
<http://lattes.cnpq.br/3256907601004018>

ABSTRACT: A simple, fast and sensitive method for the determination of lodenafil carbonate in pharmaceutical formulations was developed by employing the technique of square-wave cathodic stripping voltammetry (SWCSV), using the hanging mercury drop electrode and sulfuric acid 0.10 mol L^{-1} as a support electrolyte. In the optimized conditions (accumulation potential -0.8 V , accumulation time 40 s , equilibration time 7 s , scan increment 6 mV , pulse amplitude 60 mV , frequency 100 Hz) the method presented linearity ranging from $1.5 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ to $1.0 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$, the quantification and detection limits were $1.4 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$ and $4.6 \times 10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$, respectively. The method was validated for the application in the determination of lodenafil carbonate in drugs.

KEYWORDS: Analytical methods, lodenafil carbonate, voltammetry.

DETERMINAÇÃO DO CARBONATO DE LODENAFILA POR VOLTAMETRIA DE REDISSOLUÇÃO CATÓDICA POR ONDA QUADRADA

RESUMO: Um método simples, rápido e sensível para a determinação do carbonato de lodenafila em formulações farmacêuticas, foi desenvolvido empregando a técnica de voltametria de redissolução catódica por onda quadrada utilizando o eletrodo de gota pendente de mercúrio e ácido sulfúrico $0,10 \text{ mol L}^{-1}$ como eletrólito suporte. Nas condições otimizadas (potencial de acumulação $-0,8 \text{ V}$, tempo de acumulação 40 s , tempo de equilíbrio 7 s , incremento 6 mV , amplitude de pulso 60 mV , frequência 100 Hz) o método apresentou linearidade na faixa de $1,5 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ a $1,0 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$, os limites de quantificação e de detecção calculados foram respectivamente $1,4 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$ e $4,6 \times 10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$. O método foi validado para aplicação na determinação do carbonato de lodenafila em fármacos.

PALAVRAS - CHAVE: carbonato de lodenafila, métodos analíticos, voltametria.

1 | INTRODUCTION

Erectile dysfunction (ED) is defined as the difficulty to start or keep enough penile erection for a satisfactory sexual activity, and it is the most common sexual problem that affects men (DAVIS *et al.*, 2012). It is estimated that approximately 50% of the male population aged between 40 and 70 years old will suffer from ED at a stage of their lives (HASANAIN *et al.*, 2017).

Among the several available options for treatment, the possibility to use drugs of the class of the phosphodiesterase type 5 inhibitors (PDE-5) is pointed out (SCAGLIONE *et al.*, 2017).

Lodenafil carbonate (LC), (bis-(2- {4- [4-ethoxy-3- (1-methyl-7-oxo-3-propyl-6,7-dihydro-1*H*- pyrazolo [4,3-*d*]pyrimidin-5-yl) - benzenesulfonyl]piperazin-1-yl} -ethyl) carbonate is a PDE-5 inhibitor developed in Brazil, and it is a dimer formed by two lodenafil molecules linked by a carbonate bridge (Figure 1A). After the ingestion, the carbonate bridge is broken and two lodenafil molecules (Figure 1B) are released (CODEVILLA, CASTILHOS & BERGOLD, 2013; DAVIS *et al.*, 2012; HASANAIN *et al.*, 2017; SCAGLIONE *et al.*, 2017).

There are studies reporting the determination of LC in pharmaceutical formulations using mainly chromatographic techniques (CODEVILLA *et al.*, 2011a; CODEVILLA *et al.*, 2011b; CODEVILLA *et al.*, 2012). However, even though common, the chromatographic techniques are high-priced and not all laboratories have the necessary equipment for this kind of quantification. Thus, simpler, faster, and low-cost analytical methodologies are desirable in routine analyses.

Electroanalytical techniques are an interesting option for the analysis of drugs since many of these compounds have an electrochemical response (HIGSON, 2009; RODRIGUES FILHO *et al.*, 2015). Among them, voltammetric techniques stand out; they present advantages about chromatographic methods because the cost of operation and instrumentation is low, they allow a fast and sensitive analysis, with little need of treatment and purification of the sample (DEMIR & INAM, 2015). Among the electrodes employed, the hanging mercury drop electrode (HMDE) is pointed out. It has been used in the analysis of organic compounds, such as drugs, colorings, and pesticides (CAÇAR, DURMUS & KILIÇ, 2014; CUELLAR *et al.*, 2019; Eş & Taşdemir, 2015; GÓMEZ *et al.*, 2016; KABLAN & ÖZALTđN, 2019). This electrode has advantages in comparison with solid electrodes since it has an extremely plain, uniform, and renewable surface, which avoids poisoning problems, contributing to better reproducibility. It is worth highlighting that, even though mercury is toxic, the amounts used in the measurements with HMDE are extremely small, and the whole process is carried out in a controlled way. Because of that, it can be recovered and later be recycled by specialized companies, allowing its use safely, making it possible to explore its advantages about other kinds of electrodes (NUNES, ANJOS & QUINÁIA, 2018).

All things considered, in this work a new method was developed for the determination of LC in pharmaceutical formulations by square-wave cathodic stripping voltammetry using the HMDE as a working electrode. The methodology developed was compared to the spectroscopy one in the ultra-violet region (UV) (CODEVILLA *et al.*, 2011b).

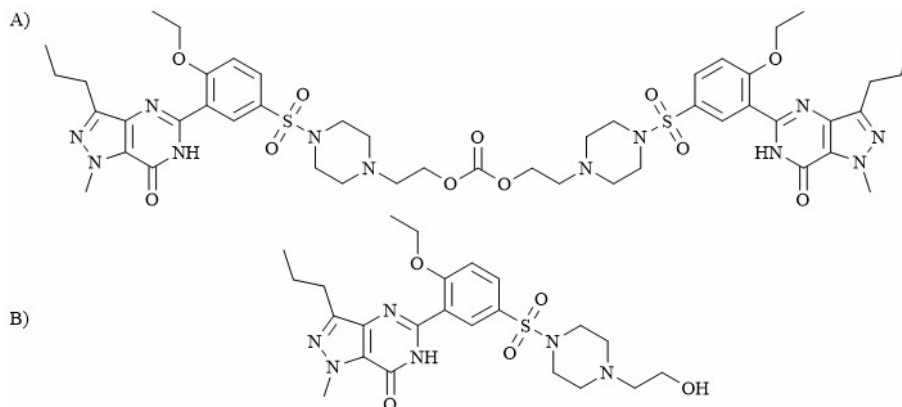


Figure 1: Chemical structures of Iodenaflil carbonate (A) and Iodenaflil (B).

2 | MATERIALS AND METHOD

2.1 Materials and Apparatus

The voltammetric measurements were performed in the Methrom 757 VA voltammetric analyzer, controlled by the 757 VA Computrace software (Methrohm, Switzerland). All the measurements used a 10 mL cell with a system of three electrodes, being HMDE the working electrode (drop size 4), a platinum wire an auxiliary electrode, and an Ag/AgCl (KCl 3.0 mol L⁻¹) electrode as a reference electrode. The solutions were purged with nitrogen (Air Liquide, 99.999%). The pH measurements were performed with a pH meter (Hanna, EUA), using a glass electrode with Ag/AgCl. For the preparation of the samples, a centrifuge (Quimis, Brazil) and an ultrasonic bath (Hipperquímica, Brazil) were used. The spectroscopy measurements in the ultraviolet region were taken with the Spectrum SP-2000UV spectrophotometer.

All the reagents used in this work had an analytical grade. The standard of LC (98.6%) was kindly given by the “Cristália Produtos Químicos Farmacêuticos LTDA” company. The pharmaceutical samples containing the active principle were acquired in the local business. The stock solutions were prepared through the dissolution of the standard in 500 μL of dichloromethane (NUCLEAR, Brazil), being later diluted at 10 mL with ethanol (Biotec, Brazil). The solution of sulfuric acid (Merck, 95–97%) was prepared through the dilution of ultrapure water obtained from a Milli-Q purification system (Millipore, Brazil). The pH of the solutions was adjusted with the addition of NaOH (Synth) 2.0 mol L⁻¹. For the UV method, ultrapure water was acidified with acetic acid (Carlo Erba) up to pH 4.

2.2 Voltammetric measurements

The cyclic voltammetry was employed in the study of the LC reduction mechanism. Solutions containing LC $1.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ were analyzed in the range from -0.7 to -1.2 V. (Eac -0.8 V; accumulation time of 30 s; in H_2SO_4 0.10 mol L^{-1}). In these conditions, the scan rate ranged from 25 to 500 mV s^{-1} .

For qualitative measurements, square-wave stripping voltammetry was used. The optimization of the experimental parameters was carried out with a solution of LC $1.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ in 10 mL of sulfuric acid 0.10 mol L^{-1} . The parameters were studied in the following ranges: pH from 1 to 3; accumulation time from 10 to 100 s; accumulation potential from -0.8 to 0 V; equilibration time from 0 to 18 s; increment from 2 to 10 mV; amplitude from 10 to 100 mV and frequency from 10 to 140 Hz.

The validation of the methodology developed was carried out through the evaluation of performance characteristics, such as linearity, the limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ), accuracy, and precision. An analytical curve from 0.15 to $1.5 \mu\text{mol L}^{-1}$ was built in triplicate. The data were treated with the Minitab statistical software, to evaluate linearity in this range of concentration. LOD and LOQ were determined by the following equations $\text{LOD} = 3.3\text{SB}/\text{B}$ and $\text{LOQ} = 10\text{SB}/\text{B}$, where SB is the standard deviation of ten blank readings, and B is the slope of the analytical curve. Measurements of five solutions containing $0.15 \mu\text{mol L}^{-1}$ of LC were performed on the same day and on different days to determine the precision of the method developed. The accuracy of the method was evaluated through addition and recovery tests (0.15 , 0.30 , and $0.45 \mu\text{mol L}^{-1}$) in solutions of the commercial sample, and also by the comparison of the proposed method with the UV method described in the literature.

The preparation of the commercial sample was carried out through the weighing and maceration of a pill until a thin powder was obtained. The necessary amount of the pill was precisely weighed and dissolved in $500 \mu\text{L}$ of dichloromethane, and subsequently, 5 mL of ethanol were added; this solution was taken to an ultrasonic bath for 10 minutes, then centrifuged and the supernatant was diluted with ethanol up to the volume of 10 mL. The voltammetric measurements were performed using $15 \mu\text{L}$ of the standard with 10 mL of electrolyte.

2.3 UV measurements

The UV measurements were carried out by dissolving 0.001g to the LC standard with $500 \mu\text{L}$ of dichloromethane, and after that ethanol was added until it completed 10 mL of solution. Sample aliquots were diluted in acidified water (pH 4). Then measurements on the spectrophotometer were performed with LC concentrations ranging from 1.0 to $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ (CODEVILLA *et al.*, 2011b).

The preparation of the commercial sample was carried out as previously described for the voltammetric method. The measurements in 292 nm were performed taking out

aliquots of this solution, with subsequent dilution in acidified water pH 4 (CODEVILLA *et al.*, 2011b).

3 | RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Support Electrolyte and pH

The electrochemical response of the LC $0.50 \mu\text{mol L}^{-1}$ in HMDE was studied in acetate buffer 0.10 mol L^{-1} (pH 4), phosphate buffer 0.10 mol L^{-1} (pH 4), and H_2SO_4 0.10 mol L^{-1} (pH 1). H_2SO_4 0.10 mol L^{-1} was considered the most adequate support electrolyte for the development of the methodology. Due to the significant increase in the intensity of current and peak potential closest to zero. This condition is desirable as in this region there is lower interference in the baseline (Figure 2A).

The pH of the support electrolyte was varied by adding NaOH 2.0 mol L^{-1} . It can be observed a displacement of the peaks to the most cathode regions with the increase of the pH of the medium, apart from a decrease in the intensity of the peak currents, indicating that protons may be involved in the reaction (LAGERON *et al.*, 1994). As the intensity of the signal is decreased with the increase of pH, it was decided to use H_2SO_4 0.10 mol L^{-1} as the support electrolyte to obtain better sensitivity.

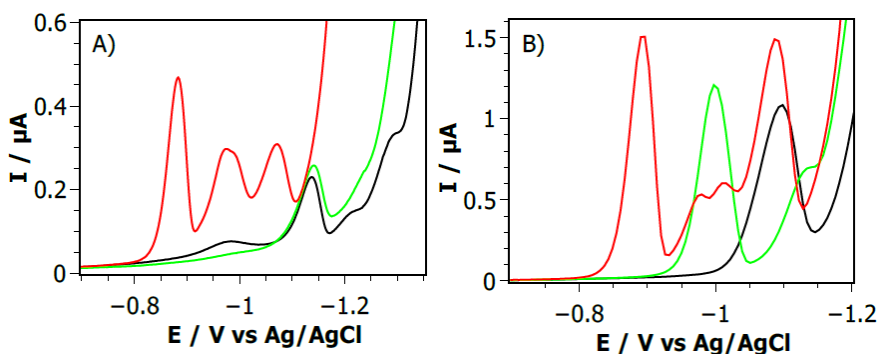


Figure 2: A) square-wave cathodic stripping voltammograms of LC $0.50 \mu\text{mol L}^{-1}$ in different electrolytes. Red: H_2SO_4 0.10 mol L^{-1} ; green: acetate buffer 0.10 mol L^{-1} (pH 4); black: phosphate buffer 0.10 mol L^{-1} (pH 4). B) Square-wave stripping voltammograms of LC $1.5 \mu\text{mol L}^{-1}$ in H_2SO_4 0.1 mol L^{-1} at different pH. Red: pH 1.00; green: pH 2.05; black: pH 2.99. Experimental conditions: accumulation potential -0.8 V , accumulation time 30 s, equilibration time 10 s, scan increment 6 mV, pulse amplitude 40 mV, frequency 120 Hz.

3.2 Cyclic voltammetry

The voltammetric behavior of LC was studied by using cyclic voltammetry at different scan rates. The presence of four peaks of reduction in -0.93 , -1.00 , -1.03 , and -1.11 V can be observed (Figure 3). With the increase of the scan rate, the intensity of the peaks

increases, but in a non-linear way. Also, there are no anodic peaks, and the cathodic peaks suffer a displacement to the most negative regions with the increase of the scan rate. These characteristics indicate that the reduction process of LC occurs irreversibly (GOSSER JUNIOR, 1993).

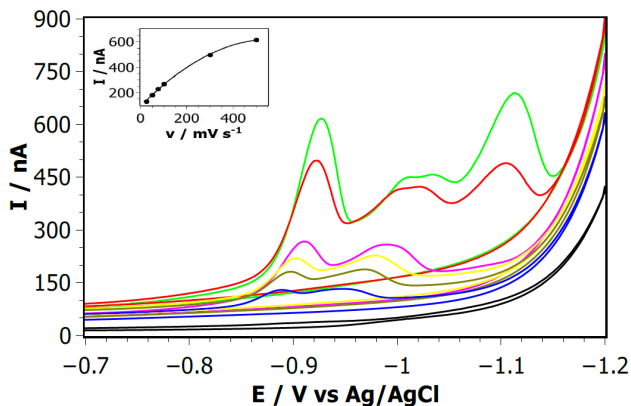


Figure 3: Cyclic voltammograms of $1.0 \mu\text{mol L}^{-1}$ of LC in H_2SO_4 0.10 mol L^{-1} . Black: support electrolyte at 100 mV s^{-1} ; blue: 25 mV s^{-1} ; dark yellow: 50 mV s^{-1} ; yellow: 75 mV s^{-1} ; pink: 100 mV s^{-1} ; red: 300 mV s^{-1} ; green: 500 mV s^{-1} . Conditions: $E_{ac} -0.8 \text{ V}$; accumulation time 30 s ; equilibration time 10 s .

There is a linear relationship ($r = 0.999$) between the logarithm of the peak current $\log I_p$ and the logarithm of the scan rate $\log v$ (Figure 4A). The angular coefficient of the line is 0.53 , indicating that the process of reduction of LC on the surface of the HMDE must be controlled by the diffusion since the value obtained for the slope of the line is close to the value 0.50 , which is typical of processes controlled by diffusion. It was noticed that there is a linear relationship ($r = 0.999$) between the peak current I_p , and the square root of the scan rate $V^{1/2}$ (Figure 4B), such a fact which also indicates that the electrochemical process of LC occurs being controlled by the diffusion (GOSSER JUNIOR, 1993).

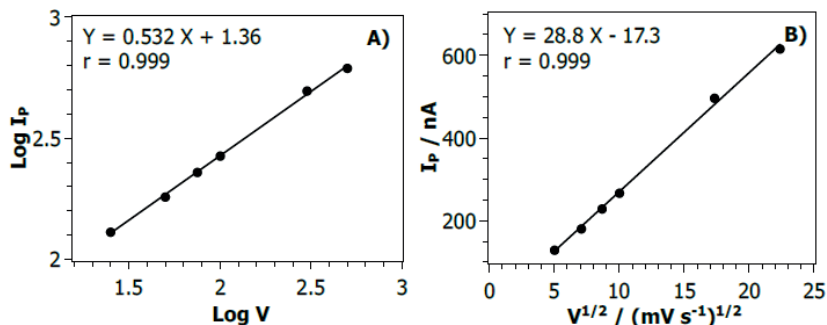


Figure 4: A) The relationship between the logarithm of the peak current and the logarithm of the scan rate. B) The relationship between the peak current and the square root of the scan rate.

3.3 Optimization of the SWCSV Operation Parameters and validation

For the determination of LC, the SWCSV was chosen. To obtain a better voltammetric signal, parameters of the technique were optimized, and the data regarding this optimization are shown in Table 1. After being optimized, the parameters were used for the validation of the methodology developed.

Parameters	Values investigated	Value selected
Accumulation potential	-0.8 – 0 V	-0.8 V
Accumulation time	20 – 100 s	40 s
Equilibration time	0 – 12 s	7 s
Amplitude	10 – 100 mV	60 mV
Scan increment	2 – 10 mV	6 mV
Frequency	10 – 140 Hz	100 Hz

Table 1: Data of the optimization of the SWCSV parameters.

Figure 5A presents the square-wave cathodic stripping voltammograms for different concentrations of LC in H_2SO_4 0.10 mol L^{-1} . There is no increase in the voltammetric signal in concentrations higher than 1.0 $\mu mol L^{-1}$, probably because of the saturation of the mercury drop due to the accumulation of LC, since the LC molecule has a high molar mass (1035.206 g mol^{-1}).

To prove the linearity of the technique, an ANOVA linear regression was carried out using the Minitab® 16.2.2 statistical software to the data of the calibration curve referring to the peak whose potential is closest to zero, as in this region there is lower interference in the baseline. For a model not to present a lack of adjustment, the value of the coefficient of

determination (R^2) must be close to 100%, the f value of the regression (f_r) must be higher than the value tabulated and the f value of lack of adjustment must be lower than the value tabulated.

For the interval of concentration of $0.15 - 1.0 \mu\text{mol L}^{-1}$, a coefficient of determination equal to 98.6% was obtained, such a value that is close to 100%, which is desirable (Figure 5B). An f test was carried out for a confidence interval of 95%. The f value of the regression found was 1337.12 such a value that is higher than the tabulated one (4.38). The f value of lack of adjustment found was 2.36, which is lower than the tabulated one (2.96). This fact proves the linearity of the technique in this range of concentration, and the determination of LC in this concentration interval can be carried out.

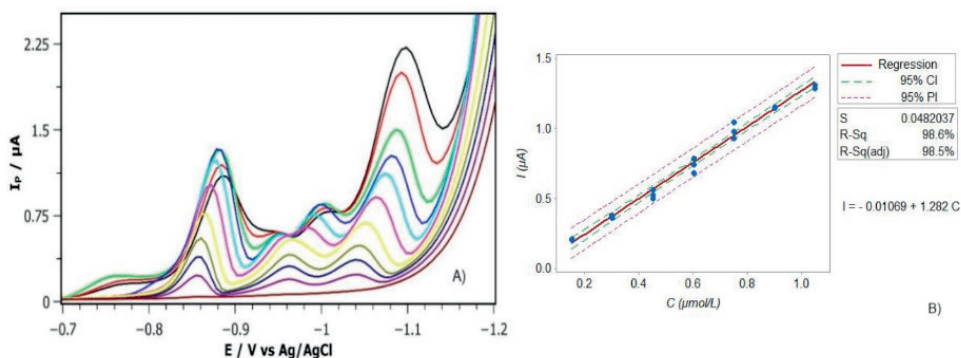


Figure 5: A) Voltammograms of SWCSV for LC, additions of $0.15-1.5 \mu\text{mol L}^{-1}$ in $0.10 \text{ mol L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$. Wine: support electrolyte; purple: $0.15 \mu\text{mol L}^{-1}$; dark blue: $0.30 \mu\text{mol L}^{-1}$; dark yellow: $0.45 \mu\text{mol L}^{-1}$; yellow: $0.60 \mu\text{mol L}^{-1}$; pink: $0.75 \mu\text{mol L}^{-1}$; cyan: $0.90 \mu\text{mol L}^{-1}$; blue: $1.0 \mu\text{mol L}^{-1}$; green: $1.2 \mu\text{mol L}^{-1}$; red: $1.3 \mu\text{mol L}^{-1}$; black: $1.5 \mu\text{mol L}^{-1}$. B) cathodic peak current as a function of LC concentration. Experimental conditions: accumulation potential -0.8 V , accumulation time 40 s , equilibration time 7 s , scan increment 6 mV , pulse amplitude 60 mV , frequency 100 Hz .

The values calculated for the LOQ and the LOD were $1.4 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$ and $4.6 \times 10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$, respectively. The inter-day precision was calculated by the measurement of 5 solutions of LC $0.15 \mu\text{mol L}^{-1}$, on the same day, and the value of relative standard deviation was equal to 2.9%. The inter-day precision was evaluated by the measurement of five solutions of LC $0.15 \mu\text{mol L}^{-1}$ on different days, and a value of relative standard deviation equal to 5.8% was obtained. Both, the values of the relative standard deviation of intra-day precision and inter-day precision, were lower than the maximum accepted by the AOAC for this range of concentration, which is 15% (AOAC, 2016).

In Table 2, some analytical parameters are shown, and they refer to methods employed for the determination of LC in pharmaceutical formulations. When comparing the techniques, it can be noticed that the method proposed in this article has better sensitivity, being possible to detect far lower amounts of LC than the ones described by other methods.

Technique	Linearity ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	LOD ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	References
UV	5 - 35	-	CODEVILLA <i>et al.</i> , 2011b
LC	10 - 80	-	CODEVILLA <i>et al.</i> , 2011a
CZE	20 - 80	1.36	CODEVILLA <i>et al.</i> , 2012
SWCSV	0.16 – 1.09	0.0047	This article

Table 2: Comparison of the methods for the determination of LC in pharmaceutical formulations.

The accuracy was evaluated by addition and recovery tests in samples of pills containing LC. For the calculation of recovery, the following formula was used: $\text{REC} = (C1 - C2) \times 100 / C3$, where REC is recovery, C1 is the concentration found after the addition, C2 is the concentration found before the addition, and C3 is the added concentration. The recovery values obtained (Table 3) were higher than 80%, such a value that is within the range accepted by the AOAC for this range of concentration (AOAC, 2016).

Sample	Added ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Found ($\mu\text{mol L}^{-1}$)	Recovery (%)	RSD (%)
Tablets	0	0.21	-	3.7
	0.15	0.35	93	1.3
	0.30	0.45	80	4.4
	0.45	0.59	84	7.5

Table 3: Determination of LC in tablet sample (80 mg per tablet) by the recovery method.

The method proposed was compared to the UV method (CODEVILLA *et al.*, 2011b). To do so, an analytical curve from 1.0 to 20 $\mu\text{g mL}^{-1}$ of LC was built (figure 6). The linearity of the technique was determined with an ANOVA linear regression using the Minitab® 16.2.2. statistical software.

For the concentration interval from 1.0 to 20 $\mu\text{g mL}^{-1}$, a determination coefficient equal to 99,5% was obtained, such a value that is close to 100% (Figure 6). The f test was performed for a confidence interval of 95%. The f value of the regression found 3508.88 is higher than the tabulated one (4.49). The f value of lack of adjustment found 1.28 is lower than the tabulated one (3.26), proving the linearity of the technique in this range of concentration.

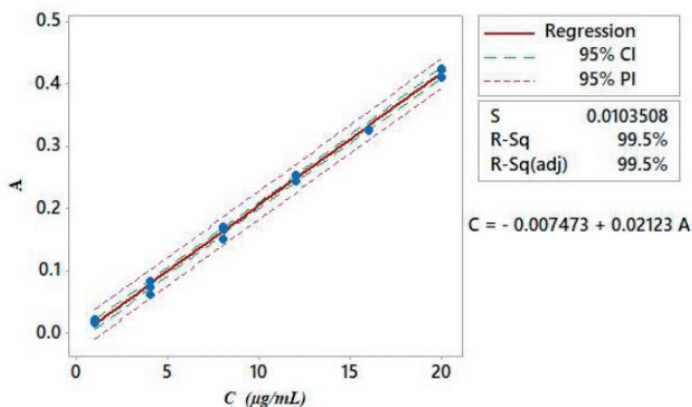


Figure 6: Measurements of UV absorption (292 nm) with different concentrations of LC.

The results obtained by the SWCSV and UV methods were compared through a paired t-test, the t value found was equal to 2.97, which is lower than the t tabulated one (3.18), for a confidence level of 95%. This demonstrates that the method was equivalent to the UV one, and it can be employed in the determination of LC in pharmaceutical formulations.

4 | CONCLUSION

The determination of LC in pharmaceutical formulations using SWCSV with HMDE was successfully achieved. By using H_2SO_4 0.10 mol L^{-1} as a supporting electrolyte, peaks with a higher current signal can be obtained in comparison with the other electrolytes studied. After the optimization of the SWCSV parameters, the method was validated presenting satisfactory precision and accuracy, according to the validation guidelines followed. The LOQ and LOD values found were $1.4 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$ and $4.6 \times 10^{-9} \text{ mol L}^{-1}$, respectively, and they were lower than the ones obtained by other methods. The method developed can be efficiently employed in the determination of LC in pills, at a low cost, when compared to chromatography, which is normally used in the determination of organic compounds; besides the simplicity of implementation, the method is fast and sensitive.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank “Cristália Produtos Químicos Farmacêuticos LTDA” for gently giving the standard of LC. J.S.C thanks the “Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior” (CAPES) for the master’s scholarship granted. S.P.Q thanks the “Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico” (CNPq) for the “productivity in

research” scholarship granted. “This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001”.

REFERENCES

AOAC, Association of Official Analytical Chemists. **Guideline for Standard Method Performance Requirements: Appendix F**, 2016.

ÇAÇAR, C.; DURMUS, Z.; KILIÇ, E. **Electrochemical Behavior of Trazodone at Mercury and Glassy Carbon Electrodes and Voltammetric Methods for its Determination**. *Asian J. Chem.*, v. 26, p. 1931-1937, 2014.

CODEVILLA, C. F.; LEMOS, A. M.; DELGADO, L. S.; ROLIM, C. M. B.; ADAMS, A. I. H.; BERGOLD, A. M. **Development and Validation of a Stability-Indicating LC Method for the Assay of Lodenafil Carbonate in Tablets**. *J. Chromatogr. Sci.*, v. 49, p. 502-507, 2011a.

CODEVILLA, C. F.; CASTILHOS, T. S.; FRÖEHLICH, P. E.; BERGOLD, A. M. **Development and Validation of a UV-Spectrophotometric Method for the Determination of Lodenafil Carbonate in Tablets and Comparison with the LC-method**. *Journal Of Pharmacy Research*, v. 4, n. 7, p. 2368-2370, 2011b.

CODEVILLA, C.F.; FERREIRA, P.C.L.; SANGOI, M.S.; FRÖEHLICH, P.E.; BERGOLD, A.M. **Lodenafil carbonate tablets: optimization and validation of a capillary zone electrophoresis method**. *J. Braz. Chem. Soc.*, v.23, n.11, p. 2114-2121, 2012.

CODEVILLA, C. F.; CASTILHOS, T. S.; BERGOLD, A. M. **A review of analytical methods for the determination of four new phosphodiesterase type 5 inhibitors in biological samples and pharmaceutical preparations**. *Brazilian Journal Of Pharmaceutical Sciences*, v. 49, n. 1, p. 1-11, 2013.

CUELLAR, M.; BETANCOURTH, J. M.; PFAFFEN, V.; ORTIZ, P. I. **Response surface methodology for optimisation of 4,6-Dinitro-o-cresol quantification using hanging mercury drop electrode**. *International Journal Of Environmental Analytical Chemistry*, v. 99, n. 1, p. 74-86, 2019.

DAVIS, J. E.; NUNES, K. P.; STALLMANN-JORGENSEN, I.; WEBB, R. C. **Current Perspectives on Pharmacotherapy Treatments for Erectile Dysfunction**. In: NUNES, K. P. (Ed.). **Erectile Dysfunction - Disease-Associated Mechanisms and Novel Insights into Therapy**. [s.l.]: Intech, 2012. Cap. 8. p. 145-160.

DEMIR, E.; İNAM, R. **Voltammetric behavior of bupirimate fungicide and its square wave voltammetric determination**. *Ionics*, v. 22, n. 2, p. 269-276, 2015.

EŞ, Z.; TAŞDEMİR, I. H. **Reduction behavior of fenoxaprop-p-ethyl and its voltammetric determination**. *Turk. J. Chem.*, v. 39, p. 54-63, 2015.

GÓMEZ, M.; ARANCIBIA, V.; ALIAGA, M.; NÚÑEZ, C.; ROJAS-ROMO, C. **Determination of Sudan I in drinks containing Sunset yellow by adsorptive stripping voltammetry**. *Food Chemistry*, v. 212, p. 807-813, 2016.

GOSSER JUNIOR, K. D. **Cyclic Voltammetry: simulation and analysis of reaction mechanisms**. New York: VCH, 1993. 154p.

HASANAIN, A. F. A.; MAHDY, R. E.; MAHRAN, A. M. A.; SAFWAT, A. S. M.; MOHAMED, A. O.; ABDEL-AAL, S. M. **Erectile dysfunction in patients with nonalcoholic fatty liver disease**. *Arab Journal Of Gastroenterology*, v. 18, n. 1, p. 21-24, 2017.

HIGSON, S. P. J. **Química analítica**. São Paulo: McGraw-Hill, 2009. 452p.

KABLAN, S. E.; ÖZALTIN, N. Voltammetric Determination of Cefuroxime Axetil in Pharmaceuticals Using Graphene Oxide Modified Glassy Carbon Electrode and Hanging Mercury Drop Electrode. *Russian Journal Of Electrochemistry*, v. 55, n. 4, p. 305-313, 2019.

LARGERON, M.; AUZEIL, N.; BACQUÉ, E.; FLEURY, M. B. **Influence of steric crowding on the electrochemical reduction of substituted tertiary pyridylcarboxamides in aqueous acidic medium**. *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 2*, n. 3, p. 495-502, 1997.

NUNES, C. N.; DOS ANJOS, V. E.; QUINÁIA, S. P. **Determination of Diazepam and Clonazepam in Natural Water - A Voltammetric Study**. *Electroanalysis*, v. 30, n. 1, p. 109-118, 2018.

RODRIGUES FILHO, G.; ALMEIDA, F.; RIBEIRO, S. D.; TORMIN, T. F.; MUÑOZ, R. A. A.; ASSUNÇÃO, R. M. N.; BARUD, H. **Controlled release of drugs from cellulose acetate matrices produced from sugarcane bagasse: monitoring by square-wave voltammetry**. *Drug Development And Industrial Pharmacy*, v. 42, n. 7, p. 1066-1072, 2015.

SCAGLIONE, F.; DONDE, S.; HASSAN, T. A.; JANNINI, E. A. **Phosphodiesterase Type 5 Inhibitors for the Treatment of Erectile Dysfunction: Pharmacology and Clinical Impact of the Sildenafil Citrate Orodispersible Tablet Formulation**. *Clinical Therapeutics*, v. 39, n. 2, p. 370-377, 2017.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço galvanizado 6, 14, 15, 16, 17, 20, 24

Adsorção de íons 8, 130, 131, 133

Agente Antimicrobiano 183

Análise 6, 7, 1, 2, 5, 6, 8, 14, 29, 32, 38, 39, 40, 43, 58, 60, 64, 82, 83, 85, 93, 96, 98, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 120, 122, 123, 125, 127, 135, 136, 137, 146, 162, 200, 241, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 258, 260, 263, 267, 268, 269, 276, 280, 281, 289, 296, 300, 303, 306, 307, 308, 312, 321

Análise Termogravimétrica 85

B

Biofilmes 7, 81, 82, 83, 84

Biomassa 85, 87, 88, 91, 93

C

Capacidade de Retenção 142, 144, 146, 147, 148

Catálise heterogênea 55, 57

Compósitos 6, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 159, 164, 197, 203

Compostos voláteis 7, 96, 100, 101

Condutividade térmica 195, 196, 197, 198, 200, 203, 204

Controle de qualidade 3, 4, 105, 106, 126, 127

Co-Precipitação 130, 131, 132, 133, 134, 139, 162

Criminalística 250, 251, 252, 261, 262

D

Decantação 2, 4, 6, 7, 11, 87, 153

E

Eletroquímica 5, 14, 17, 18, 20, 45, 46, 47, 48, 49, 311

Energia ultrassônica 220

F

Fibras vegetais 36, 37, 40, 44, 152

Filmes 8, 10, 14, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 81, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 237, 238, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 250, 261, 318

Fotocatálise 161, 164, 177, 180, 181, 208, 329

I

Inibidores de corrosão 16, 45, 46

Inibidor verde 15, 47, 52

L

Legislação 2, 4, 121, 124, 125, 126, 127, 143

M

Método de síntese 209, 210, 214, 323, 327, 328, 329, 330

Morfologia 13, 36, 38, 41, 43, 130, 133, 200, 201, 202, 209, 210, 211, 212, 213, 220, 309, 310, 312, 314, 316

N

Nanopartículas magnéticas 130, 131, 132, 133, 137, 139, 309, 310, 311

P

Plastificantes 237, 238, 239, 240, 241, 243, 244, 245, 246

Polímeros Naturais 150, 151

Pré-tratamento 14, 15, 16, 23, 328

Propriedades Mecânicas 10, 15, 36, 39, 43, 151, 152, 237, 238, 241, 243, 245, 246, 247

Q

Química Forense 10, 250, 251, 261, 262

Química Verde 2, 12, 45, 334

Quimiometria 5, 26

R

Revestimentos 81, 196, 197, 241, 310

S

Secagem 2, 4, 7, 8, 11, 58, 98, 107, 153, 260, 329

T

Titulação espectrofotométrica 6, 26, 28, 29

V

Voltametria 69, 309

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

A GERAÇÃO DE NOVOS CONHECIMENTOS NA **QUÍMICA 2**

Eleonora Celli Carioca Arenare
(Organizadora)