

A Diversidade de Debates na Pesquisa em Química 2

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

A Diversidade de Debates na Pesquisa em Química 2

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

 **Atena**
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os 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. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernando da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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
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. 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
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
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
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
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 Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
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

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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

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. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a 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
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a 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
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 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. Lilian 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. Me. 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. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
D618	<p>A diversidade de debates na pesquisa em química 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Jéssica Verger Nardeli. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistemas: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-036-0 DOI 10.22533/at.ed.360202105</p> <p>1. Química – Pesquisa – Brasil. 2. Pesquisa – Metodologia. I.Nardeli, Jéssica Verger.</p> <p style="text-align: right;">CDD 540.7</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A coleção “A Diversidade de Debates na Pesquisa em Química 2” é uma obra que tem um conjunto fundamental de conhecimentos direcionados a industriais, pesquisadores, engenheiros, técnicos, acadêmicos e, é claro, estudantes. A coleção abordará de forma categorizada pesquisas que transitam nos vários caminhos da química de forma aplicada, inovadora, contextualizada e didática objetivando a divulgação científica por meio de trabalhos com diferentes funcionalidades que compõem seus capítulos.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos relacionados a revestimentos inteligentes – *smart coatings*; técnicas eletroquímicas; modificação de superfície; processo foto-Fenton; dessulfurização adsortiva de diesel; otimização de sensores; contaminantes orgânicos; degradação de compostos; nanotubos de carbono hidrofílicos; oxidação parcial do metano; produção de etanol; tratamento de efluente aquoso; produção de biogás; processo oxidativo avançado; partição de íons metálicos; ensino de polímeros; reutilização de óleo industrial; análise complexométrica de alumínio e modelagem molecular. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à caracterização, aplicação, otimização de procedimentos e metodologias, entre outras abordagens importantes na área de química, ensino e engenharia química. A diversidade de Debates na pesquisa em Química tem sido um fator importante para a contribuição em diferentes áreas.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área de química tecnológica, bacharel e licenciatura. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes metodologias, abordagens, aplicações de processos, caracterização com diferentes técnicas (eletroquímica, microscopia, espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier e raios-X) substanciais é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse tanto no meio acadêmico como social.

Portanto, esta obra é oportuna e visa fornecer uma infinidade de estudos fundamentados nos resultados experimentais obtidos pelos diversos pesquisadores, professores e acadêmicos que desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática.

Jéssica Verger Nardeli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SMART COATING FOR CORROSION PROTECTION OF ALUMINIUM ALLOYS: GLOBAL AND LOCALIZED STUDY OF ANTI- CORROSION PERFORMANCE	
Jéssica Verger Nardeli Cecílio Sadao Fugivara Fátima Montemor Assis Vicente Benedetti	
DOI 10.22533/at.ed.3602021051	
CAPÍTULO 2	13
FACTORIAL EXPERIMENTAL DESIGN APPLIED FOR OPTIMIZATION OF TARTRAZINE REMOVAL BY PHOTO-FENTON PROCESS USING Cu_2FeSn_4 CATALYST	
Julia da Silveira Salla Vitória Segabinazzi Foletto Jivago Schumacher de Oliveira Gabriela Carvalho Collazzo Evandro Stoffels Mallmann Edson Luiz Foletto	
DOI 10.22533/at.ed.3602021052	
CAPÍTULO 3	23
TRANSFORMACIÓN DE ÁCIDO FERÚLICO CON HONGOS AISLADOS DE BAGAZO DE CAÑA	
Miguel Ávila Jiménez Myriam Gisela Gutiérrez Rueda Julia Aguilar Pliego María del Rocío Cruz Colín María Teresa Castañeda Briones	
DOI 10.22533/at.ed.3602021053	
CAPÍTULO 4	32
APLICAÇÃO DE MATERIAIS MCM-41 E SBA-15 COMO SINTETIZADOS E MODIFICADOS COM ÍONS NÍQUEL E PRATA NA DESSULFURIZAÇÃO ADSORTIVA DE DIESEL	
Clenildo de Longe Rafael Viana Sales Anne Beatriz Figueira Câmara Adriano Santos de Sousa Leila Maria Aguilera Campos Maritza Montoya Urbina Tatiana de Campos Bicudo Luciene Santos de Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.3602021054	
CAPÍTULO 5	43
AVALIAÇÃO DO SENSOR BASEADO GRAFENO E COBRE PARA DETECÇÃO DE GLIFOSATO E AMPA	
Sarah Setznagl Ivana Cesarino	
DOI 10.22533/at.ed.3602021055	

CAPÍTULO 6	57
COMPORTAMENTO DE CONTAMINANTES ORGÂNICOS EM SUBSUPERFÍCIE	
Vivian Maria de Arruda Magalhães	
Oswaldo Chiavone Filho	
Marilda Mendonça Guazzelli Ramos Vianna	
DOI 10.22533/at.ed.3602021056	
CAPÍTULO 7	76
INVESTIGAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DO FENOL EM MEIO AQUOSO UTILIZANDO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E IRRADIAÇÃO SOLAR	
Julia da Silveira Salla	
Humberto Neves Maia de Oliveira	
André Luís Novais Mota	
Cláudio Augusto Oller do Nascimento	
Edson Luiz Foletto	
Oswaldo Chiavone-Filho	
DOI 10.22533/at.ed.3602021057	
CAPÍTULO 8	89
PRODUÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO HIDROFÍLICOS	
Leila Cottet	
Luís Otávio de Brito Benetoli	
Nito Angelo Debacher	
DOI 10.22533/at.ed.3602021058	
CAPÍTULO 9	98
ÓXIDOS DO TIPO PEROVSKITA $\text{Nd}_{0,95}\text{FeO}_3$ E $\text{Nd}_{0,95}\text{CrO}_3$ PARA PRODUÇÃO DE GÁS DE SÍNTESE ATRAVÉS DA OXIDAÇÃO PARCIAL DO METANO	
Karina Tamião de Campos Roseno	
Rodrigo Brackmann	
Rita Maria de Brito Alves	
Reinaldo Giudici	
Martin Schmal	
DOI 10.22533/at.ed.3602021059	
CAPÍTULO 10	107
PRODUÇÃO DE ETANOL UTILIZANDO BAGAÇO DE SORGO BIOMASSA	
Cristian Jacques Bolner de Lima	
Charles Nunes de Lima	
Fernanda Maria da Silva Costa	
Érik Ramos da Silva de Oliveira	
Monique Virões Barbosa dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.36020210510	
CAPÍTULO 11	118
UTILIZAÇÃO DAS CINZAS PESADAS DE TERMOELÉTRICA COMO CATALISADOR EM REAÇÃO FOTO-FENTON PARA REMOÇÃO DE CORANTE TÊXTIL EM EFLUENTE AQUOSO	
Fernanda Caroline Drumm	
Patrícia Grassi	
Jivago Schumacher de Oliveira	
Julia da Silveira Salla	
Sérgio Luiz Jahn	
Edson Luiz Foletto	
DOI 10.22533/at.ed.36020210511	

CAPÍTULO 12 128

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DA SELEÇÃO DE UM CULTIVAR DE SORGO SACARINO NO ESTADO DE MATO GROSSO

Cristian Jacques Bolner de Lima
Fernanda Maria da Silva Costa
Érik Ramos da Silva de Oliveira
Francieli Fernandes
Charles Souza da Silva
Juniele Gonçalves Amador
Monique Virões Barbosa dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.36020210512

CAPÍTULO 13 141

PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA BIODIGESTÃO ANAERÓBICA DO LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS (ETE) DA UFRN

Oscar Eduardo Reyes Cavalcanti
Ana Beatriz de Gois Lima
Thalita Gomes Ferreira
Nathalia Souza Teixeira
Rosangela Dala Possa
Leila Maria Aguilera Campos
Maritza Montoya Urbina
Adriano Santos de Sousa
Luciene Santos de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.36020210513

CAPÍTULO 14 154

REMEDIAÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM NAFTALENO: ESTUDO COMPARATIVO DA APLICAÇÃO DE PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS HOMOGÊNEO E HETEROGÊNEO

Vivian Maria de Arruda Magalhães
Gabriela Paupitz Mendes
Rayanne Macêdo Aranha
Oswaldo Chiavone Filho
Marilda Mendonça Guazzelli Ramos Vianna

DOI 10.22533/at.ed.36020210514

CAPÍTULO 15 170

SISTEMA AQUOSO BIFÁSICO: CONCEITOS, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES NA PARTIÇÃO DE ÍONS METÁLICOS

Ednilton Moreira Gama
Roberta Pereira Matos
Guilherme Dias Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.36020210515

CAPÍTULO 16 179

UTILIZAÇÃO DE ANALOGIAS E ATIVIDADES CONTEXTUALIZADAS: UMA PERSPECTIVA DE APRIMORAMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA O ENSINO DE POLÍMEROS

Amanda Rebelo de Azevedo
Vinicius Fernandes Moreira

DOI 10.22533/at.ed.36020210516

CAPÍTULO 17 201

PRODUÇÃO DE SABÃO UTILIZANDO ÓLEO RESIDUAL ORIUNDO DE PROCESSAMENTO DE MÁQUINAS DE FRANGO

Gisele Carvalho Conceição
Thayssa Sales Cardoso
Diego Ribeiro Nunes
Ronald Almeida dos Santos
Sérgio Vinicius Machado dos Santos
Emanoel Oliveira de Aviz
Arlesson Pereira da Silva
Ronald Vieira Garcia
Josiney Farias de Araújo
Simonny do Carmo Simões Rolo de Deus
Ricardo Jorge Amorim de Deus
Manolo Cleiton Costa de Freitas
Leandro Marques Correia

DOI 10.22533/at.ed.36020210517

CAPÍTULO 18 221

ANÁLISE COMPLEXOMÉTRICA DE ALUMÍNIO EM ARROZ COZIDO EM PANELAS DE ALUMÍNIO E/OU INOX, EM RESTAURANTES DE SÃO LUÍS – MA

Elis Cristina de Sousa Ferreira
Ricardo Santos Silva
Anna Karolyne Lages Leal
Raissa Soares Penha Ferreira
Maria do Socorro Nahuz Lourenço

DOI 10.22533/at.ed.36020210518

CAPÍTULO 19 231

A PRIMEIRA MODELAGEM MOLECULAR POR HOMOLOGIA DA PROTEÍNA VP4 DO VÍRUS CHANGUINOLA

Bruno Rafael Costa Guimarães
Raul Alexandre Maciel Campos
Jânio di Paula Cavalleiro de Macêdo dos Santos
Adriano Santos da Rocha
Alan Sena Pinheiro
Jorddy Neves Cruz
Sandro Patroca da Silva
Davi Henrique Trindade Amador
Miguel Braga
Renato Araújo da Costa
Elaine Cristina Medeiros da Rocha
João Augusto Pereira da Rocha

DOI 10.22533/at.ed.36020210519

CAPÍTULO 20 249

POESIA COMO SIGNO ARTÍSTICO EM AULAS DE QUÍMICA

Elaine da Silva Ramos
Carlos Eduardo Laburú

DOI 10.22533/at.ed.36020210520

CAPÍTULO 21 261

ALBERTO MAGNO IN CHEMICAL TEACHING: THE COMICS AS A LEARNING METHOD

Ednalva Dantas Rodrigues da Silva Duarte
Ismael Montero Fernández

Cecilia Araujo

DOI 10.22533/at.ed.36020210521

CAPÍTULO 22 269

ESTUDO QUÍMICO DE PINTURAS RUPESTRES DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO TOCA DA BAIXA DO CAJUEIRO POR FRX PORTÁTIL E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO

Maria Conceição Soares Meneses Lage

Wilkins Oliveira de Barros

Iasmin Maria Rodrigues de Sales Vieira

Anibal Gustavo Sousa Oliveira

Andressa Carvalho Lima

Benedito Batista Farias Filho

DOI 10.22533/at.ed.36020210522

SOBRE A ORGANIZADORA..... 281

ÍNDICE REMISSIVO 282

TRANSFORMACIÓN DE ÁCIDO FERÚLICO CON HONGOS AISLADOS DE BAGAZO DE CAÑA

Data de aceite: 04/05/2020

Data de submissão: 05/02/2020

Miguel Ávila Jiménez

Universidad Autónoma Metropolitana
Azcapotzalco, Departamento de Ciencias Básicas
Ciudad de México-México
ORCID

Myriam Gisela Gutiérrez Rueda

Universidad Autónoma Metropolitana
Azcapotzalco, Departamento de Ciencias Básicas
Ciudad de México-México
ORCID

Julia Aguilar Pliego

Universidad Autónoma Metropolitana
Azcapotzalco, Departamento de Ciencias Básicas
Ciudad de México-México
ORCID: 0000-0002-9891-1122

María del Rocío Cruz Colín

Universidad Autónoma Metropolitana
Azcapotzalco, Departamento de Ciencias Básicas
Ciudad de México-México
ORCID: 0001-9358-6861

María Teresa Castañeda Briones

Universidad Autónoma Metropolitana
Azcapotzalco, Departamento de Ciencias Básicas
Ciudad de México-México
ORCID

RESUMEN: En el presente trabajo se determinó la capacidad de tres hongos de transformar ácido ferúlico (AF) en solución acuosa a un producto de valor agregado. Los hongos fueron aislados de bagazo de caña y pertenecen a los géneros *Alternaria*, *Cladosporium* y *Fusarium*. Las pruebas se realizaron con cultivos previamente desarrollados en medio salino durante dos semanas. Después de las dos semanas de incubación, se agregó una solución de AF estéril y se dio seguimiento por espectrofotometría uv-visible, leyendo los espectros de absorción de los medios en un intervalo de 200 a 400 nm durante dos semanas más. Se trabajaron dos concentraciones de AF: 300 y 1000 ppm. El hongo *Alternaria* sp. mostró capacidad de utilizar el AF como fuente de carbono sin generar ningún producto de interés. *Cladosporium* sp. fue el único hongo que llevó a cabo la transformación del AF a un producto, el cual es necesario purificar para llevar a cabo su identificación. Mientras que, *Fusarium* sp. no fue capaz de utilizar al AF.

PALABRAS CLAVE: ácido ferúlico, biotransformación, hongos ligninolíticos.

TRANSFORMATION OF FERULIC ACID WITH ISOLATED FUNGI FROM CANE BAGASSE

ABSTRACT: The ability of transform ferulic acid (FA) by three fungi strains was evaluated. The fungi strains were isolated from bagasse of sugar cane and they are *Alternaria*, *Cladosporium* and *Fusarium*. The tests were carried out previously with cultures developed in saline medium during two weeks. Then, a sterile FA solution was added to cultures. Two concentrations of FA were used: 300 and 1000 ppm. *Alternaria* strain showed ability to use FA as source of carbon without producing any interesting product. *Cladosporium* strain was the one carrying out transformation of FA to a not yet identified product. The purification of the latter is necessary for its identification. *Fusarium* was not able to use FA.

KEYWORDS: ferulic acid, biotransformation, ligninolytic fungi.

1 | INTRODUCCIÓN

Existe una variedad de métodos biotecnológicos para producir vainillina natural a partir del ácido ferúlico, utilizando diferentes especies de hongos (MOTEDAYEN, et al., 2013). El ácido ferúlico (AF) (4-hidroxi-3-metoxicinámico) o bien (3-(4-hidroxi-3-metoxifenil)-2-propenoico) es un compuesto fenólico que se encuentra abundantemente en el grano de maíz, la pulpa de remolacha azucarera y el salvado de trigo, cuyo contenido por kilo es: 50, 9 y 5 g, respectivamente (OU y KWOK, 2004).

Los compuestos fenólicos tienen influencia en propiedades sensoriales, como sabor, aroma y color de los alimentos. En los aromas se debe principalmente por compuestos volátiles, los cuales se obtienen por hidrólisis de alcoholes superiores o por el metabolismo de diferentes microorganismos; por ejemplo: hongos, bacterias y levaduras, los cuales tienen la capacidad de degradar el ácido ferúlico (RODRÍGUEZ, et al., 2009).

La biotransformación se define como la conversión química de una determinada sustancia a un producto deseado a través de células vivas que contienen las enzimas necesarias para realizar dicha transformación (LERESCHE y MEYER, 2006). Preferentemente se lleva a cabo a bajas concentraciones, debido a la formación de complejos con proteínas que ocasionan que la actividad enzimática disminuya (SACHAN, et al., 2006).

Algunos de los métodos biotecnológicos para la biotransformación del ácido ferúlico son: La descarboxilación no oxidativa, la cual provoca que el ácido ferúlico se transforme a 4-vinil guayacol, la desacetilación dependiente /independiente de CoA, es una reacción común en hongos y bacterias, ya que se trata de la

eliminación de una molécula de acetato de la cadena insaturada del ácido ferúlico. Y la desmetilación del ácido ferúlico para producir ácido caféico a través de varios microorganismos, entre los cuales se encuentran diferentes especies de hongos (BAQUEIRO, 2010).

El hongo de podredumbre blanca *Pycnoporus cinnabarinus* 1-937 fue utilizado para llevar a cabo la biotransformación del AF a vainillina. Después de 6 días de crecimiento la concentración de vainillina en el medio de cultivo alcanzó un máximo de 64 mg L⁻¹, que corresponde a un rendimiento molar de 27.5% (FALCONNIER, et al., 1994).

Se produjo vainillina a partir de ácido ferúlico utilizando cepas recombinantes de *Escherichia coli*. El potencial de producción de vainillina a través de la bacteria se comparó con el fin de seleccionar y clonar genes a partir de *Amycolatopsis* sp. HR104 y *Delftia acidovorans*. La mayor producción de vainillina fue de 580 mg L⁻¹ (SANG-HWAL, et al., 2005).

La conversión del ácido ferúlico a 4-vinil guayacol (2-metoxi-4-vinilfenol) se llevó a cabo por medio de la cepa de levadura *Debaryomyces hansenii*. Esta bioconversión es un proceso de alto valor agregado, ya que 4-vinil guayacol es casi 40 veces más costoso que el ácido ferúlico. *Debaryomyces* produjo 1.470 mg L⁻¹ de 4-vinil guayacol a las 10 horas de incubación, correspondiendo a un rendimiento molar de 95%, mientras que la producción de vainillina alcanzó un máximo de 169 mg L⁻¹ a las 5 horas de incubación. La producción de vainillina de 4-vinil guayacol a través de esta ruta biotecnológica no es muy económica, ya que los niveles de vainillina fueron de 169 mg L⁻¹ (MATHEW, et al., 2007).

La bioconversión de ácido ferúlico a vainillina se llevó a cabo por la acción combinada de *Aspergillus niger* K8 y *Phanerochaete chrysosporium* ATCC 24725. Primero, la conversión de ácido ferúlico a ácido vainillínico fue realizada por el hongo *Aspergillus niger* K8. La posterior conversión de ácido vainillínico a vainillina se llevó a cabo con *Phanerochaete chrysosporium* ATCC 24725. La producción de vainillina por este método (44.8 mg L⁻¹) fue significativa desde el aspecto económico, ya que el ácido ferúlico como sustrato es una fuente económica disponible y se requiere de poco tiempo para la bioconversión (MOTEDAYEN, et al., 2013).

Phanerochaete chrysosporium y *Pycnoporus cinnabarinus* son reconocidos como hongos ligninolíticos, debido a esto, el propósito de este trabajo fue evaluar si tres cepas de hongos ligninolíticos tienen la capacidad para transformar el ácido ferúlico a un compuesto de valor agregado. Las cepas fueron aisladas previamente de bagazo de caña y han mostrado capacidad para degradar el colorante Verde de Malaquita en solución (ÁVILA, et al., 2017).

2 | EXPERIMENTAL

Las tres cepas de hongos corresponden a los géneros: *Alternaria* sp, *Cladosporium* sp. y *Fusarium* sp. A partir de cultivos de las cepas en agar extracto de malta desarrollados a temperatura ambiente durante 4 semanas se prepararon suspensiones de esporas utilizando un medio salino estéril, cuyo contenido por litro fue: 2.0 g de fosfato de potasio monobásico (KH_2PO_4), 0.5 g de sulfato de magnesio heptahidratado ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 0.1 g de cloruro de calcio (CaCl_2), 0.5 g de nitrato de amonio (NH_4NO_3) y 5.0 g de glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Las suspensiones de esporas fueron utilizadas como inóculo en las pruebas de transformación del ácido ferúlico (AF).

Se prepararon biorreactores de vidrio con 90 mL de medio salino, se esterilizaron en autoclave y se agregaron 10 mL de inóculo. Los cultivos se dejaron crecer durante 15 días a temperatura ambiente en condiciones estáticas. Después del periodo de crecimiento se agregaron 30 mL de una solución de AF estéril a los biorreactores para obtener la concentración inicial de 0.3 y 1.0 g de AF L^{-1} (Tabla 1). Los cultivos se mantuvieron durante 15 días más a temperatura ambiente en condiciones estáticas. Cada experimento se hizo por triplicado. Además, se prepararon testigos sin inóculo y testigos sin AF.

Hongo	[AF]/ g·L ⁻¹
<i>Alternaria</i> sp.	0.3
	1.0
	0.0
<i>Cladosporium</i> sp.	0.3
	1.0
	0.0
<i>Fusarium</i> sp.	0.3
	1.0
	0.0
Sin hongo	0.3
	1.0

Tabla 1. Hongo y concentración de AF en cada biorreactor.

La biotransformación de AF se siguió espectrofotométricamente (Shimadzu UV 1800) en el intervalo de 200 a 400 nm. Para esto, se tomaron muestras y se hicieron diluciones con una solución ácida (2 mL de HCl concentrado en 150 mL de agua destilada) para leer el espectro de absorción en el intervalo indicado. Los espectros de absorción de los testigos sin hongo solo se determinaron al inicio y final de la prueba.

Después del tratamiento realizado, se tomaron los bioreactores con las cepas

y se separó la biomasa por filtración en papel. A partir del filtrado se obtuvieron extractos con hexano, con los cuales se realizó cromatografía en capa fina utilizando como eluyente una mezcla ácida de acetato de etilo-hexano en una relación 30-70. Los extractos se compararon con AF, vainillina (V) y guayacol (G).

3 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan los espectros de absorción del medio de cultivo a la concentración inicial de 0.3 g AF/L en los diferentes días del proceso de biotransformación con el hongo *Alternaria* sp. Durante todo el experimento se observó el mismo patrón del espectro de absorción con la única diferencia que la absorbancia disminuyó con el tiempo. Lo cual indica que la cantidad de AF fue disminuyendo a través del tiempo sin que se observara la generación de ningún otro producto. El comportamiento descrito anteriormente también se observó en la concentración inicial de 1.0 g AF/L trabajada con el mismo hongo.

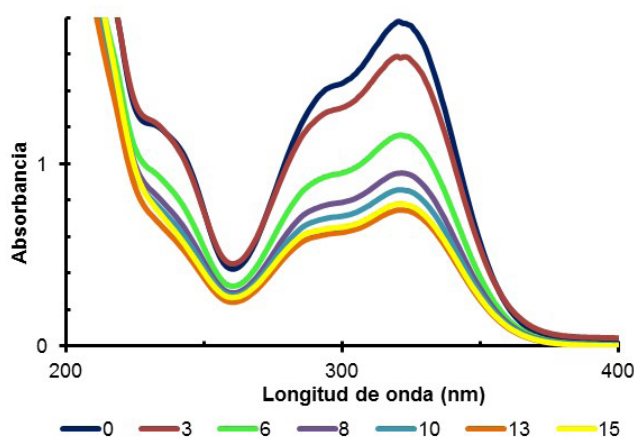


Figura 1. Espectros de absorción con el hongo *Alternaria* a través del tiempo.

Los espectros de absorción del proceso de biotransformación del AF a la concentración inicial de 0.3 g/L con el hongo *Cladosporium* se muestran en la Figura 2. A partir del día 3 de experimentación, se produjo un cambio muy evidente en la forma de los espectros, el pico característico del AF a 321 nm disminuyó notablemente, en su lugar se empezó a formar un pico a 278 nm, el cual fue creciendo hasta el final de la experimentación. A diferencia del hongo *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp. mostró capacidad para llevar a cabo la transformación del AF. El comportamiento descrito se observó a las dos concentraciones trabajadas con este hongo.

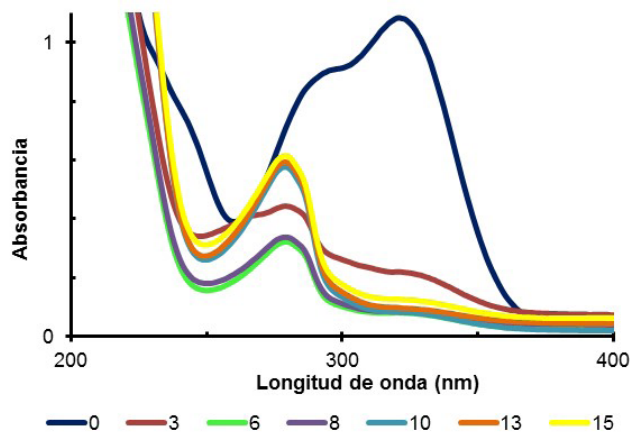


Figura 2. Espectros de absorción con el hongo *Cladosporium*.

Con el hongo *Fusarium* no se presentaron cambios importantes, ni en la forma, ni en la absorbancia de los espectros de absorción durante la mayor parte del tiempo de incubación en ambas concentraciones de AF. Sólo se observó una ligera disminución de la absorbancia al final de la experimentación, tal como se muestra en la Figura 3. En consecuencia, se puede decir que éste hongo no fue capaz de realizar ninguna transformación ni de usar el AF, al menos durante este periodo.

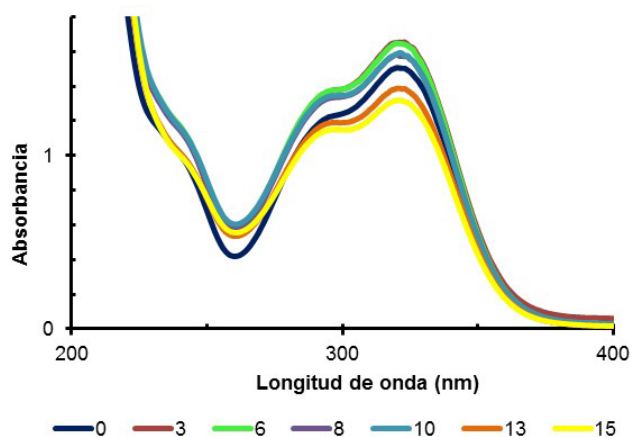


Figura 3. Espectros de absorción con el hongo *Fusarium*.

En la figura 4 se presenta la variación de la concentración de AF en el tiempo de cada hongo a partir de una concentración inicial de 0.3 g/L. Con el hongo *Fusarium* sp. la concentración de AF en el medio no cambió de forma importante durante el tiempo, comparado con los otros dos hongos, por lo que podemos decir que éste hongo no consumió el AF con la misma facilidad. Por el contrario, *Alternaria* sp. y *Cladosporium* sp. siguieron una tendencia similar entre ellos al consumir el AF con mayor rapidez, siendo *Cladosporium* sp. el que lo consumió más rápido. Ambos hongos consumieron más de la mitad del AF a los seis días de tratamiento.

Cuando la concentración inicial de AF fue de 1.0 g/L (Figura 5), se observó que *Alternaria* sp. y *Cladosporium* sp. también presentaron un comportamiento muy

parecido entre ellos al consumir el AF. A diferencia del experimento realizado con una concentración menor, el hongo *Cladosporium* sp. consumió el 40% del AF a los tres días, después de este tiempo la concentración de AF permaneció prácticamente constante. Por su parte el hongo *Alternaria* sp. consumió el AF de manera continua durante el transcurso del experimento. El hongo *Fusarium* sp. presentó el mismo comportamiento observado a la concentración menor de AF, por lo cual se le puede considerar poco capaz de utilizar el AF. Por otra parte, se observa que hay mayor consumo de AF a la menor concentración utilizada.

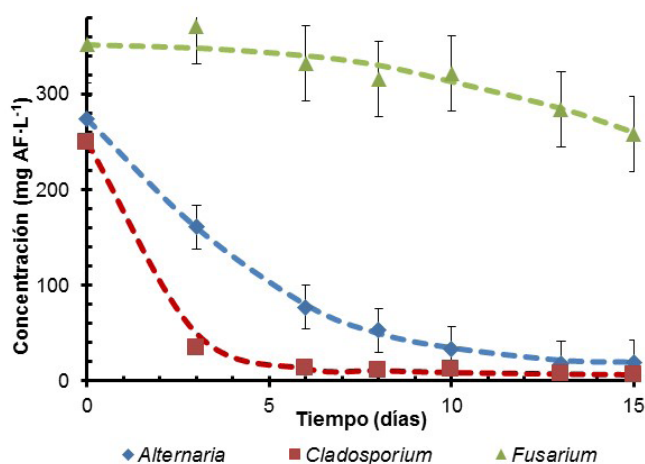


Figura 4. Consumo del AF por los tres hongos (300 mg/L).

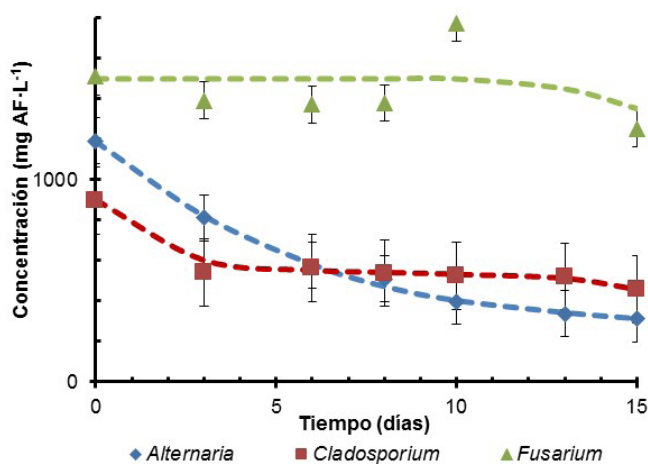


Figura 5. Consumo del AF por los tres hongos (1000 mg/L).

4 | CONCLUSIONES

Los espectros de absorción de los medios de cultivo permitieron darle seguimiento al consumo de AF por los hongos.

Con base a los resultados observados el hongo *Alternaria* sp. mostró capacidad para utilizar el AF como fuente de carbono sin generar ningún producto de interés. *Cladosporium* sp. fue el único hongo que llevó a cabo la transformación del AF a un

producto aún no identificado. Mientras que, *Fusarium* sp. no fue capaz de utilizar al AF.

La cromatografía en capa fina mostró que sólo el hongo *Cladosporium* sp. transforma el AF a un producto diferente a la vainillina. En los extractos de los biorreactores con la concentración de 1.0 g AF/L se observa la presencia de AF. Es necesario continuar con la purificación del producto de la transformación del hongo *Cladosporium* sp. para llevar a cabo la identificación del compuesto obtenido.

AGRADECIMIENTOS

Se agradecen las sugerencias y el apoyo brindado por el Dr. Cirilo García Martínez de la Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.

REFERENCIAS

ÁVILA JIMÉNEZ, M.; GONZÁLEZ ARIAS, E.; CASTAÑEDA BRIONES, M. T.; CRUZ COLÍN, M. R.; CHÁVEZ MARTÍNEZ, M.; ESPINOSA CASTAÑEDA, M. **Efecto del tiempo previo de crecimiento sobre la biodegradación fúngica del verde de malaquita**. Rev. Tendencias en Docencia e Investigación en Química, p. QV676-QV681, 2017.

BAQUEIRO PEÑA I. **Biotransformación de ácidos hidroxicinámicos por hongos del género *Aspergillus*** 2010. Tesis (Doctorado en Biotecnología) Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Ciudad de México.

FALCONNIER, B.; LAPIERRE, C.; LESAGE-MEESSEN, L.; YONNET, G.; BRUNERIE, P.; COLONNA-CECCALDI, B.; CORRIEU, G.; ASTHER, M. **Vanillin as a product of ferulic acid biotransformation by the white-rot fungus *Pycnoporus cinnabarinus* 1-937: Identification of metabolic pathways**. J. Biotechnol. 37, p. 123-132, 1994.

LERESCHE, J. E.; MEYER, H. P. **Chemocatalysis and biocatalysis (biotransformation): some thoughts of a chemist and of a biotechnologist**. Org. Process Res. Dev. 10, p. 572-580, 2006.

MATHEW, S.; ABRAHAM, T. E.; SUDHEESH, S. **Rapid conversion of ferulic acid to 4-vinyl guaiacol and vanillin metabolites by *Debaryomyces hansenii***. J. Molecular Catalysis B: Enzymatic 44, p. 48-52, 2007.

MOTEDAYEN, N.; MAZNAH ISMAIL, B. T.; NAZARPOUR, F. **Bioconversion of ferulic acid to vanillin by combined action of *Aspergillus niger* K8 and *Phanerochaete crysosporium* ATCC 24725**. Afr. J. Biotechnol. 12, p. 6618-6624, 2013.

OU, S.; KWOK, K. C. **Ferulic acid: pharmaceutical functions, preparation and applications in foods**. J. Sci. Food Agric. 84, p. 1261-1269, 2004.

RODRÍGUEZ, H.; CUIEL, J. A.; LANDETE, J. M.; DE LAS RIVAS, B.; LÓPEZ DE FELIPE, F.; GÓMEZ-CÓRDOVES, C.; MANCHEÑO, J. M.; MUÑOZ, R. **Food phenolics and lactic acid bacteria**. International J. Food Microbiol. 132, p. 79-90, 2009.

SACHAN, A.; GHOSH, S.; MITRA, A. **Biotransformation of *p*-coumaric acid by *Paecilomyces variotii***. Lett. Appl. Microbiol. 42, p 35-41, 2006.

SANG-HWAL, Y.; CUI, L.; YOUNG-MI, L.; SOOK-HEE, L.; SUNG-HEE, K.; MYUNG-SUK, C.; WEON-TAEK, S.; JAE-KYUNG, Y.; JAE-YEON, K.; SEON-WON, K. **Production of vanillin from ferulic acid using recombinant strains of *Escherichia coli***. *Biotechnol. Bioprocess Eng.* 10, p. 378-384, 2005.

ÍNDICE REMISSIVO

A

AA2024 alloy 1, 6, 7
Adsorção de compostos 32, 36
Advanced Oxidation Processes 14, 87, 155
Aluminum alloy 4, 8, 12
Amplitude de pulso 50, 51, 52, 53, 54
Anti-corrosion performance 4, 7

B

Biocombustível 129
Biodigestor 142, 143, 144
Bioetanol 107, 115, 129, 139
Biogás 141, 142, 143, 144, 145, 146, 150, 151, 152
Biotransformation 24, 30

C

Chemistry Teaching 250, 261, 262
Cinza volante 118
Combustíveis fósseis 33, 99, 143
Complexometria 221, 222, 224
Compostos sulfurados 32, 33, 36, 39
Contaminantes orgânicos 57, 63, 69, 125, 157
Corrosion protection 1, 2, 12

D

Decolorization 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 87
Diagrama de fase 172, 173, 174

E

Electrochemical Impedance Spectroscopy 1, 5, 7, 8, 281
Energias renováveis 129, 143
Espectroscopia fotoeletrônica de raios X 32, 36, 41

F

Ferulic acid 24, 30, 31

G

Geoquímica de Contaminantes 69

Glifosato 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 53, 54, 55, 56

Grafeno 43, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54

H

Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos 57, 60, 63, 154, 155, 156

I

Isotermas de adsorção-dessorção 32, 36, 38

L

Localized impedance 1, 2

M

Materiais mesoestruturados 37

Mecanismos de partição 57, 69

N

Nanotubos de carbono hidrofílicos 89, 96

Negro de carbono 89, 90

O

Óleo Residual 201, 202, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216, 219, 220

Open circuit potential 1, 5, 7

Oxidação parcial do metano 98

P

Perfil cinético 113, 114, 135, 136, 137

Perovskita 98, 99, 100, 102, 103, 104, 105

Persulfato 154, 155, 157, 158, 159, 160, 164, 165

Photocatalytic efficacy 14

Photo-fenton process 13, 22

Polymer coating 3

Processo oxidativo avançado 155

Processos enzimáticos 107

R

Reaction 3, 9, 14, 16, 19, 77, 99, 106, 119, 126, 169, 202

Reator solar 76, 77

Reforma do metano 99

S

Saponificação 202, 203, 204, 207, 209, 215, 216, 217, 219

Scanning Electron Microscopy 4, 281

Self-healing mechanism 3

Semiologia 249, 251, 259

Sensor eletroquímico 43

Sistema Aquoso Bifásico 170, 172, 177

Smart coating 1, 2, 9, 281

T

Teaching strategies 261

Toxicidade 46, 57, 65, 154, 156, 176, 222

V

Voltametria 43, 46, 47, 49

 **Atena**
Editora

2 0 2 0