

A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável

3

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)



A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável

3

Érica de Melo Azevedo
(Organizadora)



Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

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

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

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

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá

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

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

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

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

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

Q6 A química nas áreas natural, tecnológica e sustentável 3
 [recurso eletrônico] / Organizadora Érica de Melo
 Azevedo. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistemas: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-384-2

DOI 10.22533/at.ed.842201709

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

CDD 540

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

Érica de Melo Azevedo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AMIDO HIDROFOBICAMENTE MODIFICADO PARA APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO

Laura Gabriela Gurgel de Carvalho

Bruna Luiza Batista de Lima

Nívia do Nascimento Marques

Marcos Antonio Villetti

Men de Sá Moreira de Souza Filho

Rosângela de Carvalho Balaban

DOI 10.22533/at.ed.8422017091

CAPÍTULO 2..... 12

ANÁLISE DE COMBUSTÍVEIS (GASOLINA COMUM) POR MÉTODOS ELETROANALÍTICOS EM MEIO MICROEMULSIONADO COMERCIALIZADOS NA CIDADE DE SÃO LUÍS - MA

Lorena Carvalho Martiniano de Azevedo

Leila Maria Santos da Silva

Deracilde Santana da Silva Viégas

Érico June Neves Texeira

Natália Tamires Gaspar Sousa

Aldaléa Lopes Brandes Marques

DOI 10.22533/at.ed.8422017092

CAPÍTULO 3..... 27

ANÁLISE DOS PRODUTOS DE REAÇÃO DA CONDENSAÇÃO ENTRE 2-HIDRÓXI-ACETOFENONA E P-ANISALDEÍDO EM MEIO BÁSICO

Heriberto Rodrigues Bitencourt

Carlos Alberto Beckman de Albuquerque

Antonio Pedro da Silva Souza Filho

Maricelia Lopes dos Anjos

Carla Jacqueline de Almeida Maciel

Jeferson Rodrigo Souza Pina

José Ciriaco Pinheiro

Lady Laura Pantoja Pereira de Carvalho

Andrey Moacir do Rosário Marinho

Ossalín de Almeida

DOI 10.22533/at.ed.8422017093

CAPÍTULO 4..... 35

ANÁLISE TÉRMICA DO POLI (ÁCIDO LÁTICO) COM AGENTES NUCLEANTES: TALCO, PET MICRONIZADO E ARGILA MONTMORILONITA

Alex Melo da Silva

Anderson Maia

Rondes Ferreira da Silva Torin

DOI 10.22533/at.ed.8422017094

CAPÍTULO 5..... 41

APLICAÇÃO DA CFD NO ESTUDO DO EFEITO DO DIÂMETRO DE GOTAS E DO NÍVEL DE ÁGUA NA SEPARAÇÃO GRAVITACIONAL ÁGUA-ÓLEO

Vinícius Gomes Morgan
Daniel da Cunha Ribeiro
Ana Paula Meneguelo
Lucas Henrique Pagoto Deoclecio
Wenna Raissa dos Santos Cruz
Luciana Spinelli Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.8422017095

CAPÍTULO 6..... 48

AROMATERAPIA COM ÓLEO YLANG-YLANG (*Cananga odorata*) E PERCEPÇÃO DE BEM-ESTAR EM MULHERES CLIMATÉRICAS

Edna Maria Lemos e Silva Gualberto
Maria da Conceição Ferreira Baia
Claudia Chagas de Pontes
Roseane Rodrigues Siqueira

DOI 10.22533/at.ed.8422017096

CAPÍTULO 7..... 58

DESCOLORAÇÃO FÚNGICA DE CORANTES TÊXTEIS

Mayara Thamela Pessoa Paiva
Fabiana Guillen Moreira Gasparin
Suely Mayumi Obara Doi

DOI 10.22533/at.ed.8422017097

CAPÍTULO 8..... 76

ESTUDO DAS CONDIÇÕES DE PREPARO DO BAGAÇO DE MALTE DE CERVEJARIA NA OBTENÇÃO DE GLICOSE APÓS SUA HIDRÓLISE ÁCIDA

Fernanda Ferreira Freitas
Margarete Martins Pereira Ferreira
Araceli Aparecida Seolatto
Danielle Pires Nogueira
Rodrigo Silva Fontoura

DOI 10.22533/at.ed.8422017098

CAPÍTULO 9..... 89

ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO DO TEMPO DE RESIDÊNCIA EM UM REATOR CONTÍNUO DE TANQUE AGITADO

Thalles de Assis Cardoso Gonçalves
Mayara Mendes Costa
Mariana Oliveira Marques
Hugo Lopes Ferreira
Robson Antônio de Vasconcelos
Vitor Hugo Endlich Fernandes
Mário Luiz Pereira Souza

DOI 10.22533/at.ed.8422017099

CAPÍTULO 10..... 96

ESTUDO DA ESTABILIDADE OXIDATIVA DO ÓLEO DE MARACUJÁ (*PASSIFLORA EDULIS*) UTILIZANDO O MÉTODO PETROOXY (ASTMD 7545)

Yguatyara de Luna Machado

Natalia Freitas Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.84220170910

CAPÍTULO 11 104

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA GOMA DE LINHAÇA EM MEIO AQUOSO POR ESPALHAMENTO DE LUZ DINÂMICO E REOLOGIA

Laura Gabriela Gurgel de Carvalho

Nívia do Nascimento Marques

Mariana Alves Leite Dutra

Marcos Antonio Villetti

Rosangela de Carvalho Balaban

DOI 10.22533/at.ed.84220170911

CAPÍTULO 12.....113

ESTUDO FITOQUÍMICO, MORFOLÓGICO E AVALIAÇÃO DO EXTRATO ETANÓLICO, DAS FOLHAS DO PAU MOCÓ (*Luetzelburgia auriculata*), QUANTO ÀS ATIVIDADES CONTRA AGENTES VETORIAIS E ANTIOXIDANTE

Antônio Marcelo Alves Lima

Eveline Solon Barreira Cavalcanti

André Castro Carneiro

Lara Pinheiro Xavier

Henety Nascimento Pinheiro

Brício Thiago Pinheiro

DOI 10.22533/at.ed.84220170912

CAPÍTULO 13..... 123

EXPRESSÃO DIFERENCIAL DA SUPERÓXIDO DISMUTASE E CATALASE DURANTE A GERMINAÇÃO DE *Lactuca sativa* L. EXPOSTA A METAIS PESADOS

Antonio Rodrigues da Cunha Neto

Marília Carvalho

Kamilla Pacheco Govêa

Giselle Márcia de Melo

Marília Mendes dos Santos Guaraldo

Heloisa Oliveira dos Santos

Sandro Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.84220170913

CAPÍTULO 14..... 134

INCORPORAÇÃO DA ETAPA DE PRÉ-HIDRÓLISE ÁCIDA NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOLÍTER

Danielle Goveia

Vinicius de Jesus Carvalho de Souza

Estefânia Vangelie Ramos Campos

Jose Claudio Caraschi

DOI 10.22533/at.ed.84220170914

CAPÍTULO 15..... 145

MICROENCAPSULAÇÃO DE ÓLEO DE PEQUI (*Caryocar coriaceum*) EM MATRIZ DE ALGINATO/QUITOSANA POR GELIFICAÇÃO IÔNICA: AVALIAÇÃO DA VISCOSIDADE NA MORFOLOGIA DAS PARTÍCULAS

Herllan Vieira de Almeida

Rachel Menezes Castelo

Luana Carvalho da Silva

Maria Leônia da Costa Gonzaga

Pablyana Leila Rodrigues da Cunha

Roselayne Ferro Furtado

DOI 10.22533/at.ed.84220170915

CAPÍTULO 16..... 155

MODELAGEM CINÉTICA DA DESCOLORAÇÃO DO CORANTE CROMOTROPE 2R POR PROCESSOS FENTON MEDIADOS POR FENÓIS DERIVADOS DE LIGNINA

Cássia Sidney Santana

Camila Cristina Vieira Velloso

André Aguiar

DOI 10.22533/at.ed.84220170916

CAPÍTULO 17..... 162

ÓLEO ESSENCIAL DE CAPIM LIMÃO: ESTRATÉGIA PARA A PROTEÇÃO DE SEMENTES E GRÃOS VISANDO A AGRICULTURA ORGÂNICA

Marcela de Souza Alves

Elisabeth Alves Duarte Pereira

Erica Prilips Esposito

Ana Flávia Carvalho da Silva

Emerson Guedes Pontes

Marco Andre Alves de Souza

DOI 10.22533/at.ed.84220170917

CAPÍTULO 18..... 174

OPTIMIZATION SYNTHESIS OF BIODIESEL FROM MACAUBA OIL (*ACROCOMIA ACULEATA*) USING EXPERIMENTAL DESIGN TECHNIQUE

Michelle Budke Costa

Maikon Aparecido Schulz dos Santos

Eduardo Eyng

Juliana Cortez

Daniel Walker Tondo

Laercio Mantovani Frare

Melissa Budke Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.84220170918

CAPÍTULO 19.....	191
PRÉ-TRATAMENTO ÁCIDO EM RAMAS DE MANDIOCA VISANDO PRODUÇÃO DE ETANOL SEGUNDA GERAÇÃO	
Ana Luiza Alves Faria	
Raphael Sarraf Martins Torraca	
Emilia Savioli Lopes	
Jaqueline Costa Martins	
Milena Savioli Lopes	
Melina Savioli Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.84220170919	
CAPÍTULO 20.....	197
TEORIA DO ESTADO DE TRANSIÇÃO: DIHYDROAZULENE/VINYLSHEPTAFULVENE	
Andreas Erbs Hillers-Bendtsen	
Magnus Bukhave Johansen	
Kurt V. Mikkelsen	
DOI 10.22533/at.ed.84220170920	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	203
ÍNDICE REMISSIVO.....	204

EXPRESSÃO DIFERENCIAL DA SUPERÓXIDO DISMUTASE E CATALASE DURANTE A GERMINAÇÃO DE *Lactuca sativa* L. EXPOSTA A METAIS PESADOS

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 14/07/2020

Antonio Rodrigues da Cunha Neto

Universidade Federal de Lavras
Lavras – Minas Gerais
<https://orcid.org/0000-0001-7107-2755>

Marília Carvalho

Universidade Federal de Alfenas
Alfenas – Minas Gerais
<https://orcid.org/0000-0001-5354-8414>

Kamilla Pacheco Govêa

Universidade Federal de Alfenas
Alfenas – Minas Gerais
<https://orcid.org/0000-0002-3504-0999>

Giselle Márcia de Melo

Universidade Federal de Lavras
Lavras – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/7418937814671185>

Marília Mendes dos Santos Guaraldo

Universidade Federal de Lavras
Lavras – Minas Gerais
<https://orcid.org/0000-0003-3638-8599>

Heloisa Oliveira dos Santos

Universidade Federal de Lavras
Lavras – Minas Gerais
<https://orcid.org/0000-0003-1384-4969>

Sandro Barbosa

Universidade Federal de Alfenas
Alfenas – Minas Gerais
<https://orcid.org/0000-0001-7321-0007>

RESUMO: Os bioensaios são ferramentas de monitoramento ambiental os quais é possível acompanhar processos fisiológicos importantes através de plantas modelo, bem como, determinar a influência de substâncias tóxicas e seus efeitos adversos nas plantas. Elementos químicos podem ser prejudiciais em concentrações consideradas tóxicas, interferindo na ação enzimática devido a produção de espécies reativas de oxigênio. Sendo assim, se objetivou identificar entre os metais cobre (Cu), chumbo (Pb), níquel (Ni), alumínio (Al) e cádmio (Cd), qual induz maior atividade das enzimas antioxidantes, superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT), em sementes de *Lactuca sativa* L. Para o bioensaio, foram distribuídas 50 sementes em placas de Petri sobre dupla camada de papel, contendo 0,1 mL de solução por semente em diferentes concentrações: 50; 100; 250 e 500 μM para cada metal pesado testado (CuSO_4 , PbSO_4 , NiSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, CdSO_4). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 5 tratamentos (0, 50, 100, 250 e 500 μmol) e 4 repetições com 50 sementes e 5 mL de solução por placa de petri. A atividade da SOD observada em plântulas de *L. sativa* que não foram expostas aos metais, quando comparado com as plântulas submetidas aos mesmos em concentrações intermediárias de Cu e Ni, está relacionada a um possível estresse inverso. Quando expostas aos diferentes metais, esses causam maior atividade para a CAT em plântulas de *L. sativa*, provavelmente está relacionada a ausência de modificadores pós-traducionais, sendo esses, responsáveis pela inibição da atividade enzimática.

PALAVRAS-CHAVE: Alface, bioensaio vegetal, sistema antioxidante, chumbo, cádmio.

DIFFERENTIAL EXPRESSION OF SUPEROXIDE DISMUTASE AND CATALASE DURING GERMINATION OF *Lactuca sativa* L. EXPOSED TO HEAVY METALS

ABSTRACT: The Bioassays are tools for environmental monitoring which allow the monitoring of important physiological processes through model plants, as well as determining the influence of toxic substances and their adverse effects on plants. Chemical elements can be harmful in concentrations considered toxic, interfering with the enzymatic action due to the production of reactive oxygen species. Therefore, the objective was to identify copper (Cu), lead (Pb), nickel (Ni), aluminum (Al) and cadmium (Cd), which induces greater activity of antioxidant enzymes, superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT), in seeds of *Lactuca sativa* L. For the bioassay, 50 seeds were distributed in Petri dishes on double layer of paper, containing 0.1 ml of solution per seed in different concentrations: 50; 100; 250 and 500 μM for each heavy metal tested (CuSO₄, PbSO₄, NiSO₄, Al₂(SO₄)₃, CdSO₄). The experimental design was completely randomized with 5 treatments (0, 50, 100, 250 and 500 μmol) and 4 repetitions with 50 seeds and 5 mL of solution per petri dish. The activity of SOD observed in seedlings of *L. sativa* that were not exposed to metals, when compared to seedlings submitted to them in intermediate concentrations of Cu and Ni, is related to a possible inverse stress. When exposed to different metals, they cause greater activity for CAT in seedlings of *L. sativa*, it is probably related to the absence of post-translational modifiers, which are responsible for inhibiting enzymatic activity.

KEYWORDS: Lettuce, plant bioassay, antioxidant system, lead, cadmium.

1 | INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a utilização de bioensaios vegetais ganhou destaque no meio científico devido a sua eficiência, tanto no monitoramento de poluentes ambientais quanto na constatação da ação de compostos químicos derivados do metabolismo secundário das plantas (SANTOS et al., 2017). Para o monitoramento da germinação de sementes, é possível acompanhar processos fisiológicos importantes, bem como, determinar a influência de uma substância tóxica e os efeitos adversos destas, as quais podem resultar em diferentes tipos de anomalias que poderão interferir na sobrevivência da planta (SANTOS et al., 2017; SILVA et al., 2019).

Dentre as espécies mais utilizadas em bioensaios vegetais, a alface (*Lactuca sativa* L.) se destaca devido à sua sensibilidade a variações abióticas, como por exemplo, variações osmóticas, seu curto período para germinação fisiológica, ou seja, protrusão radicular (24 a 48 horas), e suas sementes são facilmente

encontradas no comércio a um baixo custo (SANTOS et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2020).

Em altas concentrações, elementos químicos presentes no solo, como alumínio (Al), cádmio (Cd), cobre (Cu), chumbo (Pb) e níquel (Ni) podem se tornar tóxicos e prejudiciais, interferindo na ação enzimática durante o processo de desenvolvimento das plantas (FREITAS et al., 2020).

Em relação as propriedades químicas, uma das definições usadas para metais pesados é a elevada massa atômica. O sódio é utilizado como referência e possui massa atômica igual a 23, em razão da solubilidade, sob condições fisiológicas. Muitos metais pesados estão disponíveis para organismos e ecossistemas os quais podem causar efeitos tóxicos (HU et al., 2015).

Alguns desses metais, incluindo Cu e Ni são micronutrientes essenciais para as plantas. Já o cádmio Cd, Pb e Al, além de não serem essenciais e/ou benéficos às plantas, podem ser extremamente tóxicos mesmo em baixas concentrações (HU et al., 2015). Em muitos ambientes naturais e agrícolas, o conteúdo de metais pesados é baixo, não atingindo níveis tóxicos às plantas. No entanto, com o aumento das atividades agrícolas, industriais, mineração, dentre outras; a concentração destes metais pesados e sua consequente acumulação no solo e na água tende a aumentar, o que acarreta sérias implicações aos vários organismos vivos nesses ambientes (FREITAS et al., 2020).

Os metais pesados, além de possuírem ação fitogenotóxica, podem causar a oxidação das membranas, principalmente na sua porção lipídica. As plantas podem, entretanto, desenvolver mecanismos de defesa enzimáticos e não enzimáticos, capazes de neutralizar radicais livres as quais evitam danos às células. Dependendo da biodisponibilidade e concentração, os metais podem apresentar diferentes mecanismos de ação toxicante (RABÊLO et al., 2016). A magnitude dos danos varia de acordo com o metal pesado e a tolerância das espécies vegetais submetidas a este estresse. Isso ocorre porque alguns metais pesados são mais tóxicos para as plantas do que outros, devido a componentes que se ligam aos processos moleculares nos quais elas participam (WEIHONG et al., 2009).

O Cu é essencial para as plantas pois forma complexos estáveis que facilitam a transferência de elétrons e, por esse motivo, está presente em torno de 98% na solução do solo, raízes, seiva do xilema e no meio intracelular na sua forma complexada. Quando em elevadas concentrações, o Cu é capaz de intoxicar os organismos. A forma iônica desse metal é, geralmente, a mais tóxica e causa estresse oxidativo e, como consequência, acarreta mudanças na expressão das enzimas antioxidantes, vindo a aumentar a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) (FREITAS et al., 2020).

O Pb é um dos maiores poluentes por ser potencialmente tóxico e, se acumular

no solo, causa danos ao desenvolvimento das plantas. Esse metal se destaca entre os demais metais pesados devido à sua ampla utilização e persistência no solo, sendo considerado um dos poluentes mais estudados (HU et al., 2015). Os efeitos do Pb nas plantas afetam diretamente a fisiologia da mesma como clorose; redução na condutância estomática, diminuição do tamanho dos estômatos e também redução da atividade de enzimas (ARAÚJO et al., 2019).

O Ni é um metal-traço utilizado por muitos organismos em suas atividades metabólicas e de organização estrutural, e é um micronutriente essencial, cuja especiação química está sujeita a flutuações no solo. Esse metal é exigido pela urease para hidrolisar a ureia e, em altas concentrações, torna-se tóxico para plantas produzindo danos celulares oxidativos gerando EROs (PÉREZ ÁLVAREZ et al., 2019).

O Al é encontrado nos dejetos industriais e fontes de mineração. É um dos maiores poluentes dos solos e águas, sendo o terceiro elemento mais considerável na camada mais externa da Terra. Os hidróxidos Al são usados para adsorver e flocular contaminantes orgânicos e metalíferos de águas residuais, transportando níveis relevantes de Al residual (AMERI et al., 2020). O Al afeta o balanço redox celular, e altera o funcionamento das mitocôndrias que, como consequência, gera EROs que resultam em um rápido acúmulo de H_2O_2 , principalmente na epiderme radicular e indução da peroxidação na membrana lipídica (AMERI et al., 2020).

O Cd é um dos poluentes que mais afetam a fisiologia dos seres vivos. Está disponível no meio ambiente principalmente a partir de processos antropogênicos e solos agrícolas, além de fontes como pesticidas, resíduos de mineração e fertilizantes químicos. Nas plantas, o Cd afeta a fotossíntese, e danifica o complexo de captação de luz, o que, por consequência, reduz a síntese da clorofila. Embora esse metal não cause reações redox celulares, ou seja, não induz a produção de EROs diretamente, ele pode comprometer a cadeia respiratória, inibir enzimas antioxidantes e deslocar outros íons metaloproteicos causando reações de estresse (GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ et al., 2020).

Diante o exposto, se objetivou identificar, entre os metais Cu, Pb, Ni, Al e Cd, qual induz maior atividade das enzimas antioxidantes, SOD e CAT, em sementes de *Lactuca sativa* L.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Biotecnologia Ambiental & Genotoxicidade – BIOGEN, do Instituto de Ciências da Natureza - ICN – UNIFAL-MG. Nos ensaios foram utilizados como organismos teste sementes de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Grand Rapids.

Para o bioensaio de germinação, foram distribuídas 50 sementes de alface em placas de Petri sobre dupla camada de papel (Whitmann nº2), contendo 0,1 mL de solução por semente em diferentes concentrações: 50; 100; 250 e 500 μM para cada metal pesado testado (CuSO_4 , PbSO_4 , NiSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, CdSO_4).

Água destilada foi empregada como controle negativo. As placas foram mantidas em câmara tipo B.O.D (Cienlab®) a $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, com fotoperíodo de 12 horas. O potencial osmótico das soluções foi determinado utilizando o osmômetro automático (Advanced Instruments - 3320 Micro - Osmometer).

Após 7 dias, para a extração das enzimas antioxidantes, 200 mg de tecido das plântulas foram macerados na presença de nitrogênio líquido e homogeneizados em 1,5 mL do tampão de extração. Os homogeneizados foram centrifugados a 12.000 g, por 30 minutos, a 4°C , coletando-se os sobrenadantes para as análises enzimáticas da superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) segundo Biemelt; Keetman; Albrecht (1998).

A atividade da SOD foi determinada pela capacidade de a enzima inibir a redução fotoquímica do nitro blue tetrazolium (NBT). Os tubos contendo o tampão juntamente com a amostra, e o controle (meio de incubação sem a amostra), foram iluminados com lâmpada fluorescente de 20 W por 7 minutos e as leituras realizadas a 560 nm. Uma unidade de SOD foi definida pela quantidade de enzima que inibe 50% da taxa de redução do NBT. A leitura foi feita a 560 nm em espectrofotômetro.

A atividade da CAT foi determinada pelo decréscimo na absorbância a 240 nm, a cada 15 segundos, por 3 minutos, monitorado pelo consumo de peróxido de hidrogênio. A reação foi iniciada pela adição do H_2O_2 ($\epsilon = 36 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$). Uma unidade de CAT é definida pela quantidade de enzima necessária para decompor 1 μmolmin^{-1} de H_2O_2 .

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 5 tratamentos (0, 50, 100, 250 e 500 μmol) e 4 repetições com 50 sementes e 5 mL de solução por placa de petri. Os resultados foram submetidos à análise de variância - ANAVA ($p < 0,05$).

3 | RESULTADOS

Ao analisar a atividade da enzima superóxido desmutase (SOD) foi possível observar que, independente do metal pesado analisado, a concentração de 500 μmol apresentou maior resultado em relação ao controle (Figura 1). Nesta concentração, o Cd e o Ni resultaram em uma maior atividade da enzima, sendo estes superiores ao Cu, Pb e Al, respectivamente.

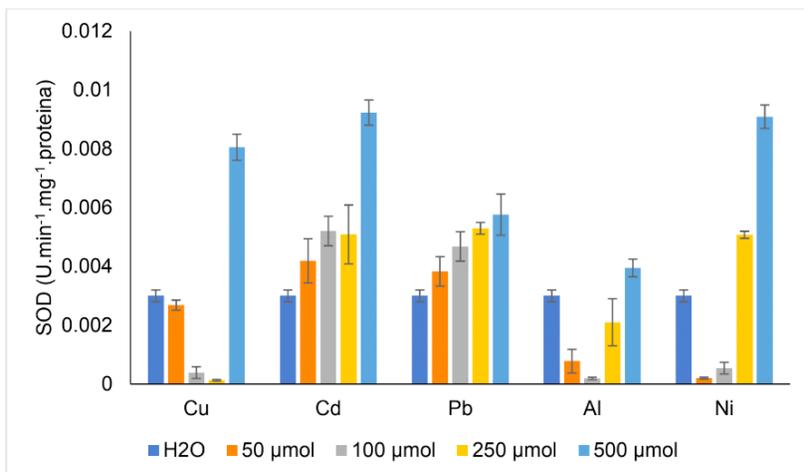


Figura 1 - Atividade enzimática da Superóxido dismutase, em plântulas de *L. sativa*, submetidas a diferentes metais pesados (Cu; Cd; Pb; Al e Ni) em 4 níveis de concentração (50; 100; 250 e 500 μmol). Água destilada foi utilizada como controle negativo. Barras representam os valores de erro padrão.

O Cu (Figura 1), quando comparado ao controle, diminuiu a atividade da SOD nas concentrações de 50, 100 e 250 μmol . Nesta última concentração, a atividade enzimática aproximou-se de 0 U mg proteína⁻¹, sendo o menor valor atingido quando utilizados 250 μmol de solução, independente do metal utilizado.

Ainda na Figura 1, é possível observar que as três menores concentrações da solução de Cd (50, 100 e 250 μmol) refletiram em maiores valores de atividade da SOD, quando comparados ao controle. A atividade enzimática, quando usadas soluções de Cd, na concentração de 100 μmol apresentou valor maior do que 250 e 50 μmol , sendo este último o menor deles.

Soluções feitas com Pb resultaram em valores gradativos ascendentes da atividade da SOD, quando comparados ao controle, sendo que, quanto maior a concentração, maior a atividade da enzima (Figura 1).

Ainda em relação ao controle, as três menores concentrações das soluções de Al resultaram em menores valores de atividade enzimática da SOD (Figura 1). A atividade da SOD, quando a concentração de Al foi de 250 μmol , foi maior do que quando a concentração foi de 50 μmol , que por sua vez, foi maior do que a concentração de 100 μmol . Quando comparados os metais na concentração de 100 μmol , a solução de Al foi a que apresentou menor valor de atividade enzimática.

A atividade enzimática da SOD foi superior quando o Ni foi usado na concentração de 250 μmol se comparada com o controle e às duas menores concentrações (Figura 1). A solução de 100 μmol desse metal resultou em uma

atividade enzimática superior do que quando utilizada a solução de 50 μmol , sendo ambas inferiores ao controle.

De acordo com a Figura 2, foi possível observar que todas as soluções, independente dos metais e das concentrações utilizadas, provocaram uma maior atividade da enzima catalase (CAT) quando comparadas ao controle.

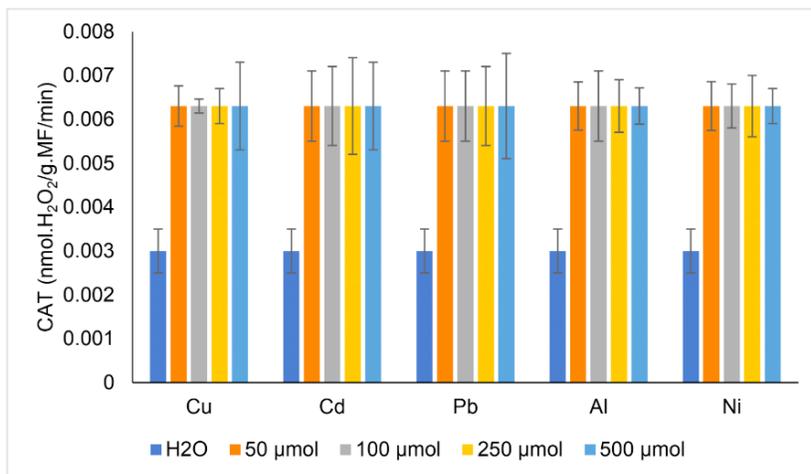


Figura 2- Atividade enzimática da Catalase, em plântulas de *L. sativa*, submetidas a diferentes metais pesados (Cu; Cd; Pb; Al e Ni) em 4 níveis de concentração (50; 100; 250 e 500 μmol). Água destilada foi utilizada como controle negativo. Barras representam os valores de erro padrão

O Cu nas concentrações de 50, 100 e 250 μmol , o Pb na concentração de 50 μmol e o Ni na concentração de 250 μmol ocasionaram menor atividade da enzima CAT, quando comparados aos demais metais nas demais concentrações, sendo esse valor igual a 0,0063027 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg proteína}^{-1}$ (Figura 2).

A atividade enzimática da CAT foi igual a 0,0063028 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg proteína}^{-1}$ quando a solução de Al foi feita nas concentrações de 100 e 250 μmol e a solução de Ni na concentração de 500 μmol .

Quando as concentrações das soluções foram de 250 e 500 μmol de Cd, 100 e 250 μmol de Pb e 100 μmol de Ni, a enzima CAT teve sua atividade igual a 0,0063029 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg proteína}^{-1}$.

O Cu na concentração de 500 μmol e o Cd na concentração de 50 μmol resultaram em uma atividade enzimática de 0,0063030 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg proteína}^{-1}$, enquanto o Cd na concentração de 100 μmol e o Al na concentração de 500 μmol apresentaram atividade enzimática igual a 0,0063031 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ mg proteína}^{-1}$.

A enzima CAT apresentou maiores valores de atividade quando usadas

concentrações de 50 μmol de Al, 500 μmol de Pb e 50 μmol de Ni, sendo eles 0,0063032 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ mg proteína⁻¹, 0,0063033 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ mg proteína⁻¹ e 0,0063034 $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2$ mg proteína⁻¹, respectivamente.

4 | DISCUSSÃO

As plantas produzem espécies reativas de oxigênio (EROs) em uma concentração ideal devido à sua natureza fotorespiratória havendo equilíbrio entre a produção de EROs e as enzimas antioxidantes (RABÊLO et al., 2016). Vários estudos mostraram que, em condições de estresse abiótico, as plantas desencadeiam de forma irregular a produção e o acúmulo de EROs prejudicando a fisiologia da planta (LARRÉ et al., 2016). Para evitar o acúmulo de EROs, as plantas possuem sistemas de defesa enzimáticos que permitem a eliminação desses compostos e, assim, protegem contra o estresse oxidativo (ROCHA et al., 2018).

O estresse oxidativo gerado pelos metais pesados ativa o sistema antioxidante, o qual, a atividade da SOD está relacionada à produção do superóxido (O_2^-) (ROCHA et al., 2018). E a presença de atividade da CAT em *Lactuca sativa* quando submetida aos diferentes metais indica a formação de peróxido de hidrogênio (H_2O_2).

De forma geral, a atividade enzimática do sistema antioxidante aumenta como uma tentativa de combater as EROs, mas quando o conteúdo do metal pesado no tecido da planta ou a geração de EROs é muito alto, a atividade enzimática pode ser reduzida (HU et al., 2015). A menor atividade enzimática observada na SOD de *Lactuca sativa* pode ser explicada devido a oxidação dos grupos tiol das enzimas devido ao aumento de H_2O_2 .

A alteração do sistema antioxidante também está associada à captação de micronutrientes catiônicos, uma vez que as isoformas da SOD também são ativadas pelos cofatores enzimáticos. Assim como a SOD, também existem isoformas da CAT (RABÊLO et al., 2016). O aumento gradativo da SOD em *Lactuca sativa*, por exemplo, submetida as diferentes doses de Pb pode estar relacionado a transcrição de genes que codificam estas isoformas. Tais, isoformas têm uma distribuição heterogênea entre as espécies porque apresentam função específica dependendo do tecido localizado (PÉREZ ÁLVAREZ et al., 2019).

Especificamente sobre o metal Cu, esse é um dos componentes classificado como metaloenzima e está envolvido em estratégias de redução da oxidação, na desintoxicação de O_2^- e na síntese de proteínas e ligninas, ou seja, em processos essenciais para plantas expostas a metais pesados (RABÊLO et al., 2016). Esse fato pode ser observado nos resultados obtidos da SOD em *Lactuca sativa* submetidas a 500 μmol de Cu.

Como já dito anteriormente, a SOD é responsável diretamente pelo controle

de teor de O_2 e H_2O_2 , portanto, a redução do SOD pode ser resultado do aumento da atividade de outras enzimas como a CAT. Portanto, a atividade de SOD geralmente aumenta, não só devido ao estresse oxidativo, mas também pela ineficácia da CAT em eliminar H_2O_2 (OGUNKUNLE et al., 2018).

Às diferentes atividades de SOD causada pelos metais indica que o sistema de defesa das plantas é afetado por essas concentrações, sendo a SOD a primeira linha de defesa atuando na via de eliminação de superóxidos e H_2O_2 (PÉREZ ÁLVAREZ et al., 2019).

O alto nível de atividade da SOD observado no controle em relação as concentrações intermediárias de Cu e Ni pode ser indicativo de estresse inverso, devido à ausência destes micronutrientes. Isso acontece porque o Cu e o Ni são elementos essenciais em vários processos metabólicos, como ureólise, metabolismo do hidrogênio e outros (PÉREZ ÁLVAREZ et al., 2019).

A maior atividade de CAT causada pelos diferentes metais, deve-se provavelmente pela ausência de modificadores pós-traducionais, que são responsáveis em evitar a reposição da atividade enzimática, ocorrendo concomitante com a expressão proteica. Nesse sentido, as enzimas podem ser expressas durante o estresse assim como ocorreu para CAT em *Lactuca sativa*. A atividade da CAT pode alterada quando ocorre deslocamento de cofatores metálicos ou dobra inadequada de proteínas (AMERI et al., 2020).

5 | CONCLUSÃO

Em plântulas de alface, submetidas aos diferentes metais pesados em níveis variáveis de concentração conclui-se que o alto nível de atividade da SOD observado em plântulas que não foram expostas aos metais, quando comparado com as plântulas submetidas aos mesmos em concentrações intermediárias de Cu e Ni, está relacionada a um possível estresse inverso, devido à ausência destes micronutrientes.

Quando da atividade da enzima CAT, a maior atividade observada em plântulas de alface quando expostas aos diferentes metais, provavelmente está relacionada a ausência de modificadores pós-traducionais, que são responsáveis em evitar a reposição da atividade enzimática, ocorrendo concomitante com a expressão proteica.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa PET-SESU-MEC ao Professor Sandro Barbosa, CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico

e Tecnológico) e FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado) de Minas Gerais) pelos financiamentos e bolsas de pesquisa concedidos para a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

- AMERI, M.; BARON-SOLA, A.; KHAVARI-NEJAD, R. A.; SOLTANI, N.; NAJAFI, F.; BAGHERI, A.; MARTINEZ, F.; HERNÁNDEZ, L. E. Aluminium triggers oxidative stress and antioxidant response in the microalgae *Scenedesmus* sp. **Journal of Plant Physiology**, v. 246, 2020.
- ARAÚJO, C. P.; AMORIM, E. V.; SOUZA, V. L.; BERTOLDE, F. Z.; DOS SANTOS, I. C.; MANGABEIRA, P. A. O. Toxicidade de chumbo e alagamento do solo: mecanismos de sobrevivência utilizados pelas plantas. **Revista PINDORAMA**, v. 9, n. 9, p. 21-21, 2019.
- BIEMELT, S.; KEETMAN, U.; ALBRECHT, G. Re-aeration following or anoxia leads to activation on the antioxidative defense system in roots of wheat seedlings. **Plant Physiology**, v.116, n.2, p.651-658, 1998.
- FREITAS, D. A.; DE PAULA SOUSA, I.; COUTINHO, M. N.; ALVARENGA, A. C. Efeito dos metais pesados cobre e cromo no solo: germinação e desenvolvimento inicial de *Myracroduon urundeuva*/Effect of heavy metals copper and chromium on soil: germination and initial development of *Myracroduon urundeuva*. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 1, p. 162-171, 2020.
- GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ, P. B.; TORRES-MORÁN, M. I.; ROMERO-PUERTAS, M. C.; CASAS-SOLÍS, J.; ZARAZÚA-VILLASEÑOR, P.; SANDOVAL-PINTO, E.; RAMÍREZ-HERNÁNDEZ, B. C. Assessment of antioxidant enzymes in leaves and roots of *Phaseolus vulgaris* plants under cadmium stress//Evaluación de enzimas antioxidantes en hojas y raíces de plantas *Phaseolus vulgaris* bajo estrés de cadmio. **Biotecnia**, v. 22, n. 2, v. 110-118, 2020.
- HU, Z.; XIE, Y.; JIN, G.; FU, J.; LI, H. Growth responses of two tall fescue cultivars to Pb stress and their metal accumulation characteristics. **Ecotoxicology**, v. 24, n. 3, p. 563-572, 2015.
- LARRÉ, C.F.; MORAES, C.L.; BORRELLA, J.; AMARANTE, L.; DEUNER, S.; PETERS, J.A. Antioxidant activity and fermentative metabolism in the plant *Erythrina crista-galli* L. under flood conditions. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 567-580, 2016.
- OGUNKUNLE, C. O.; JIMOH, M. A.; ASOGWA, N. T.; VISWANATHAN, K.; VISHWAKARMA, V.; FATOBA, P. O. Effects of manufactured nano-copper on copper uptake, bioaccumulation and enzyme activities in cowpea grown on soil substrate. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 155, p. 86-93, 2018.
- OLIVEIRA, Y. R.; DA SILVA, P. H.; DE ABREU, M. C.; LEAL, C. B.; DE OLIVEIRA, L. P. Potencial Alelopático de Espécies da Família Fabaceae Lindl. **Ensaios e Ciência**, v. 24, n. 1, p. 65-74, 2020.
- PÉREZ ÁLVAREZ, S.; CABEZAS-MONTERO, D.; DEBORA-DUARTE, B. N.; MAGALLANES TAPIA, M. A.; SIDA-ARREOLA, J. P.; SÁNCHEZ, E.; HÉCTOR-ARDISANA, E. F. Respuesta inducida a enzimas antioxidativas en arroz bajo estrés por plomo y níquel. **Revista mexicana de ciencias agrícolas**, v. 10, n. 1, p. 51-62, 2019.

RABÊLO, F. H. S.; BORGIO, L. Changes caused by heavy metals in micronutrient content and antioxidant system of forage grasses used for phytoremediation: an overview. **Ciência Rural**, v. 46, n. 8, p. 1368-1375, 2016.

ROCHA, G. A.; ROMANATTI, P. V.; OLIVEIRA, F. M.; CUNHA NETO, A. R.; PEREIRA, F. J.; POLO, M. Ecophysiology of the tree species *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) submitted to flooding. **Cerne**, v. 24, n. 4, p. 323-333, 2018.

SANTOS, S. C.; DE OLIVEIRA, U. A.; DE TRINDADE, L. O. R.; ASSIS, M. D. O.; CAMPOS, J. M. S.; SALGADO, E. G.; BARBOSA, S. Genotypes selection for plant bioassays using *Lactuca sativa* L. and *Allium cepa* L. L. **Pakistan Journal of Botany**, v. 49, p. 2201-2212, 2017.

SILVA, L. L. A.; NETO, A. C. A.; BARBOSA, U. D. N. Avaliação do potencial alelopático do extrato aquoso de *passiflora alata* curtis na germinação de *lactuca sativa* L/Evaluation of allelopathic potential of *passiflora alata* curtis water extract in germination of *lactuca sativa* L. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 26361-26366, 2019.

WEIHONG, X. U.; WENYI, L. I.; JIANPING, H. E.; SINGH, B.; XIONG, Z. Effects of insoluble Zn, Cd, and EDTA on the growth, activities of antioxidant enzymes and uptake of Zn and Cd in *Vetiveria zizanioides*. **Journal of Environmental Sciences**, v. 21, n. 2, p. 186-192, 2009.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agentes nucleantes 35, 39

Alface 124, 126, 127, 131

Alginato de sódio 145, 147, 152

Amido de manga 1, 8, 10

Análise de combustíveis 12, 13

Armazenamento de energia térmica solar 197

Aromaterapia 48, 50, 51, 56, 57

Atividade antioxidante 28, 113, 115, 116, 118, 119, 121, 122, 146

Atividade biológica 28, 162

B

Bagaço de malte de cervejaria 76, 78

Biofuel 174, 175

C

Capim limão 162, 164, 165, 166, 168, 169, 170, 171

Caracterização fitoquímica 113

Chalcona 27, 29, 30, 32, 33

Conversão 78, 89, 90, 156, 192

Corante 58, 59, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 91, 155, 156, 157, 158, 160, 161

Corantes têxteis 58, 60, 71

D

Descoloração fúngica 58

Dispersão água-óleo 41, 46

E

Enzimas antioxidantes 123, 125, 126, 127, 130, 132

Estabilidade oxidativa 96, 102

Etanol de segunda geração 78, 191, 192, 193

G

Gelificação iônica 145, 146, 147, 152

Goma de linhaça 104, 105, 106, 108, 109, 110, 111

H

Hidrólise ácida 76, 78, 80, 81, 82, 86, 134, 136, 138, 139, 140, 142

L

Laurato de vinila 1, 3, 5, 6, 7, 8, 10

M

Mathematical model 174, 183, 184, 185, 186, 188

Metais pesados 13, 14, 123, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132

Métodos eletroanalíticos 12

Métodos Eletroanalíticos 12, 16

Microencapsulação 145, 152, 153

Modelagem cinética 155, 156, 160

Modificador reológico 1, 3, 5, 9, 10

Montmorilonita 35, 36

N

Nanocelulose 134, 135, 136, 137, 138, 142, 143, 144

O

Óleo de maracujá 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102

Óleo de pequi 145, 147, 152

Óleo essencial 50, 51, 52, 53, 54, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171

Óleo ylang-ylang 48, 56

P

Pau-mocó 113, 114

Pet micronizado 35

Poli(ácido láctico) 35

Pré-hidrólise 134, 136, 138, 139, 140, 142

Pré-tratamento ácido 191, 192, 193, 195

Propriedades pro-oxidantes 155, 156, 160

R

Raio hidrodinâmico 104, 107, 109, 110, 111

Rama de mandioca 191

Reator CSTR 90

Reologia 104, 154

S

Separação gravitacional 41, 42, 43

Sistemas moleculares 197

T

Tempo de residência 89, 90, 91, 93, 94

A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável **3**



www.arenaeditora.com.br



contato@arenaeditora.com.br



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



www.facebook.com/arenaeditora.com.br

A Química nas Áreas Natural, Tecnológica e Sustentável **3**



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



www.facebook.com/atenaeditora.com.br