

# 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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](http://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

Rosângela 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**

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

## DESCOLORAÇÃO FÚNGICA DE CORANTES TÊXTEIS

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 06/07/2020

### Mayara Thamela Pessoa Paiva

Universidade Estadual de Londrina – UEL  
Londrina – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/3971164522654001>

### Fabiana Guillen Moreira Gasparin

Universidade Estadual de Londrina – UEL  
Londrina – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/6858095034067359>

### Suely Mayumi Obara Doi

Universidade Estadual de Londrina – UEL  
Londrina – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/8961225162470777>

**RESUMO:** A descoloração de dois corantes, Remazol Brilliant Blue RN (RBBR) e Remazol Azul BTE BB 133% (RA133), foi avaliada em seis diferentes meios de cultivo, três deles com resíduos lignocelulósicos, empregando os fungos *Pleurotus ostreatus*, *Laetiporus gilbertsonii* e um isolado não identificado denominado MB19-50. Para o corante RBBR obteve-se níveis de descoloração de 97,24% com o *P. ostreatus*, 87,87% com o *L. gilbertsonii* e 80% com o MB19-50. Para o corante RA133 o *P. ostreatus* descoloriu 99,44%, o *L. gilbertsonii* 83,12% e para o MB19-50 não ocorreu descoloração. A atividade das principais enzimas ligninolíticas, lacase (LaC), manganês peroxidase (MnP) e lignina peroxidase (LiP) foi avaliada para os três fungos, o *P. ostreatus* apresentou atividade

21,96 U/mL e 1,07 U/mL de LaC para os meios de cultivo contendo os corantes RA133 e RBBR, respectivamente. O *L. gilbertsonii* não apresentou atividade de LaC em nenhuma das condições de cultivo. O isolado MB19-50 apresentou atividade de 3,74 U/mL somente na presença do RA133. Os três fungos apresentaram atividade de MnP, o *P. ostreatus* apresentou 14,38 U/mL e 42,59 U/mL, para os corantes RA133 e RBBR, respectivamente. O fungo *L. gilbertsonii* na presença do RA133 apresentou 27,94 U/mL e para o RBBR 15,53 U/mL de atividade. O MB19-50 apresentou atividade de MnP de 12,77 U/mL e 36,77 U/mL, para os corantes RA133 e RBBR, respectivamente. Nenhum dos três fungos apresentou atividade para LiP.

**PALAVRAS-CHAVE:** Descoloração, *Pleurotus ostreatus*, *Laetiporus gilbertsonii*, Adsorção. Corantes.

### FUNGAL DECOLORIZATION OF TEXTILE DYES

**ABSTRACT:** The decolorization of two dyes, Remazol Brilliant Blue RN (RBBR) and Remazol Azul BTE BB 133% (RA133), was evaluated in six different culture media, three of them with lignocellulosic residues, applying the fungi *Pleurotus ostreatus*, *Laetiporus gilbertsonii* and one unidentified isolate named MB19-50. For the RBBR dye, decolorization levels of 97,24 % were obtained with *P. ostreatus*, 87,87% with *L. gilbertsonii* and 80% with MB19-50. For the dye RA133, the *P. ostreatus* decolorized 99,44 %, the *L. gilbertsonii* 83,12 % and for the MB19-50 no decoloration was noticed. The activity of the



main lignolytic enzymes, laccase (LaC), manganese peroxidase (MnP) and lignin peroxidase (LiP) was evaluated for the three fungi, the *P. ostreatus* showed activity of 21,96 U / mL and 1,07 U / mL of LaC for the dyes RA133 and RBBR, respectively. The *L. gilbertsonii* did not show LaC activity under any of the cultivation conditions. The MB19-50 isolate showed an activity of 3,74 U / mL only in the presence of RA133. The MnP enzyme showed activity for the three fungi, the *P. ostreatus* showed 14,38 U / mL and 42,59 U / mL, for the dyes RA133 and RBBR, respectively. The fungus *L. gilbertsonii* in the presence of RA133 showed 27,94 U / mL and for the RBBR 15,53 U / mL of activity. MB19-50 showed MnP activity of 12,77 U / mL and 36,77 U / mL, for the dyes RA133 and RBBR, respectively. The LiP enzyme showed no activity for any of the three fungi.

**KEYWORDS:** Decoloration, *Pleurotus ostreatus*, *Laetiporus gilbertsonii*, Adsorption, Dyes.

## 1 | INTRODUÇÃO

O abastecimento de água, num primeiro momento, parece infinito se levarmos em consideração que a quantidade de água livre sobre a terra atinge 1.370 milhões km<sup>3</sup>. Essa perspectiva muda totalmente quando consideramos que 97 % é composta por água salgada, inutilizável para consumo humano. O cenário é ainda mais grave quando 3% da água doce existente, somente 0,3 %, aproximadamente, é aproveitável. Ou seja, somente um total de 98.400 km<sup>3</sup> (rios e lagos) e 4.050.800 km<sup>3</sup> (lençol-freático) estão disponíveis para utilização da população total da Terra (FUNASA, 2004).

No cenário atual, a indústria têxtil é um dos maiores consumidores de água, se comparado com outros segmentos industriais. Além disso, é a grande responsável por um número elevado de despejo irregular de efluente em corpos de água. Estima-se que entre 10 a 15 % do total de corante usado no processo de tingimento possa ser encontrado nas águas residuais (PENDEY; TEWARI; TEWARI, 2018). Os corantes quando presentes no sistema aquoso afetam a passagem da luz solar nas camadas mais profundas, alteram o ciclo biológico e assim a atividade fotossintética e concentração de oxigênio, causando problemas para flora e fauna aquáticas. A grande parte dos corantes liberados nos efluentes possuem altos níveis de toxicidade, capacidade cancerígena ou mutagênica para humanos e outras formas de vida. Os corantes sintéticos se enquadram na categoria de poluentes emergentes, ou seja, não possuem um sistema de monitoramento pelos órgãos ambientais (LALNUNHLIMI; KRISHNASWAMY, 2016).

Devido a esta demanda ambiental, muitos estudos e tecnologias tem sido desenvolvidas a fim de minimizar estes problemas, como é o caso da biorremediação. A utilização de microrganismos capazes de degradar esses poluentes tem sido

cada vez mais o objeto de muitas pesquisas no mundo todo, a fim de procurar processos mais eficazes e econômicos. Os fungos, em específico, possuem muitas vantagens pois secretam algumas enzimas com baixa especificidade, o que abrange uma diversidade maior de contaminantes (PANDEY; TEWARI; TEWARI, 2018). A remoção de corantes pode ser obtida através de biodegradação, biotransformação ou adsorção em biomassa (PRZYSTAŚ; ZABŁOCKA-GODLEWSKA; GRABIŃSKA-SOTA, 2018).

Considerando os aspectos abordados acima, este trabalho procurou avaliar a descoloração de corantes têxteis com diferentes microrganismos, e a sua capacidade de produzir enzimas específicas que atuam no processo de descoloração.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Material

#### 2.1.1 *Microrganismos*

Foram utilizados os fungos *Pleurotus ostreatus* e *Laetiporus gilbertsonii* MY-01 e o isolado fúngico MB19-50, estes dois últimos foram cedidos gentilmente pelo Prof. Dr. Marcelo Rodrigues de Melo e mantidos em meio de BDA (Ágar Batata Dextrose) (Marca Acumedia) a 4 °C.

#### 2.1.2 *Corantes*

Comparou-se os corantes Remazol Brilliant Blue RN (RBBR) e Remazol Azul BTE BB 133% (RA133), fornecidos pela Dystar Indústria e Comércio de Produtos Químicos Ltda.

#### 2.1.3 *Resíduos Lignocelulósicos*

Os resíduos lignocelulósicos foram obtidos a partir de: coco verde; cana de açúcar e pinhão obtidos na região de Londrina-PR.

### 2.2 Métodos

#### 2.2.1 *Preparo do Inóculo*

Os fungos *Pleurotus ostreatus* e *Laetiporus gilbertsonii* MY-01 e o MB19-50 foram transferidos do meio de manutenção para uma placa de petri contendo ágar batata dextrose (BDA da Marca Acumedia) e incubados a 28 °C ± 2 °C durante 7 dias.

### *2.2.2 Preparo do pó de coco e cana de açúcar*

As fibras de coco e o bagaço da cana foram lavados e batidos em liquidificador convencional com água deionizada até obtenção de fibras limpas, em seguida passaram por secagem em estufa aerada (Fanem - 002 CB) a 70°C e moídas.

### *2.2.3 Preparo do farelo das cascas de pinhão*

Os pinhões foram lavados em água corrente e submetidos à fervura por aproximadamente duas horas. Em seguida as cascas foram imersas em água destilada, e novamente submetidas à fervura por aproximadamente duas horas. Posteriormente, as cascas foram lavadas novamente com água destilada e secas em estufa aerada (Fanem - 002 CB) a 70 °C e moídas.

### *2.2.4 Meios de cultivo*

Os microrganismos foram cultivados em 6 meios cultivo diferentes: o meio 1 (meio Vogel 2%, glicose 1%, extrato de levedura e solução de corante 0,02 g%); meio 2 (meio Vogel 2%, glicose 1% e solução de corante 0,02 g%); meio 3 (meio Vogel 2%, extrato de levedura e solução de corante 0,02 g%); meio 4 (meio Vogel 2%, pó de cana 1% (PCA), extrato de levedura e solução de corante 0,02 g%); meio 5 (meio Vogel 2%, pó de coco 1% (PC), extrato de levedura e solução de corante 0,02 g%) e meio 6 (meio Vogel 2%, farelo da casca de pinhão 1% (FCP), extrato de levedura e solução de corante 0,02 g%).

O pH de todos os meios foram ajustados para 5,0 com  $H_3PO_4$  (0,1 mol L<sup>-1</sup>) ou  $NH_4OH$  (0,1 mol L<sup>-1</sup>). Em seguida, todos os frascos de erlenmeyer com capacidade para 125 mL contendo 25 mL dos meios de cultivo foram autoclavados (Fabre modelo 103). Em temperatura ambiente 3 discos de micélios foram inoculados em câmara de fluxo laminar (Veco – VLFS-09). A glicose foi autoclavada separadamente do meio de cultivo, e adicionada esterilmente a cada frasco de erlenmeyer o qual foi colocado em incubadora rotatória orbital (Marconi MA 420) a  $28 \pm 2$  °C, com 180 rpm de agitação durante um período de 7 dias, a fim de se obter o máximo de descoloração dos corantes. Todos os meios de cultivos foram analisados em triplicata.

### *2.2.5 Interrupção dos Cultivos*

Os cultivos foram interrompidos por centrifugação refrigerada (Bolco Germani U-32R) a  $4 \pm 2$  °C por 20 minutos a 9000 g, os sobrenadantes obtidos foram transferidos para frascos de vidro identificados com o tipo do meio de cultivo e a numeração da triplicata. Os precipitados foram depositados em tubos de fundo

cônico para determinação de biomassa por gravimetria.

### 2.2.6 Determinação da Biomassa

A biomassa foi removida dos tubos de fundo cônico depois da centrifugação dos meios de cultivo e pesada após a secagem em estufa aerada (Fanem - 002 CB) a 70 °C.

### 2.2.7 Determinação da Atividade de Lacase

A atividade da lacase foi determinada utilizando como substrato 2,6-dimetoxifenol 10 nM (DMP) (PASZCZYNSKI; HUYNH; CRAWFORD, 1985). O ensaio enzimático foi realizado com 150  $\mu\text{L}$  de tampão Mcllvane (pH 5), 200  $\mu\text{L}$  de água destilada, 500  $\mu\text{L}$  de solução enzimática bruta ou diluída e 150  $\mu\text{L}$  de substrato. A mistura reativa foi incubada em banho-maria (Fanem – 102N) a 50 °C por 5 minutos, realizou-se então as leituras em espectrofotômetro (Femto – 600Plus) a 468nm. Foram utilizados dois controles, dos quais as absorbâncias obtidas foram descontadas, o controle 1 (C1) que era o da enzima onde havia 150  $\mu\text{L}$  de tampão Mcllvane (pH 5), 350  $\mu\text{L}$  de água destilada e 500  $\mu\text{L}$  de solução enzimática nas mesmas condições do ensaio, o controle 2 (C2) que era o do substrato, tinha 150  $\mu\text{L}$  de tampão Mcllvane (pH 5), 700  $\mu\text{L}$  de água destilada e 150  $\mu\text{L}$  de substrato. Uma unidade de lacase foi definida como a quantidade de enzima capaz de produzir 1  $\mu\text{mol}$  de DMP oxidado por min por mL de extrato enzimático nas condições de ensaio descritas através da seguinte equação:

$$U / ml = \frac{A - (C1 + C2)}{\varepsilon} \times \frac{1}{V} \times FD \times \frac{1}{t} \times 1000$$

onde  $\frac{u}{mL}$  é a unidade de lacase por mL de substrato,  $t$  é o tempo de incubação,  $v$  é o volume de enzima empregado nos ensaios,  $Fd$  é o fator de diluição da solução enzimática e  $\varepsilon$  é o coeficiente de extinção molar do DMP (2,6-dimetoxifenol) equivale a 10000 mol.L<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup>.

### 2.2.8 Determinação da Atividade de Manganês Peroxidase

Este ensaio foi realizado através da oxidação de 0,2 mL MnSO<sub>4</sub> 10 mM em 1,4 mL de tampão malonato 50 mM com pH 4,5 e 0,2 mL da solução enzimática bruta ou diluída. O tubo de ensaio contendo esta solução foi incubado em banho-maria (Fanem – 102N) a 40 °C por 5 minutos. Para iniciar a reação foi adicionado 0,2 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1mM. A reação foi avaliada medindo-se a absorbância da solução reacional em 270nm ( $\varepsilon_{270}$ =11590 mol.L<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup>) contra branco (contendo 1,6 mL de tampão malonato, 0,2 mL de MnSO<sub>4</sub> e 0,2 mL da solução enzimática). Uma unidade

de atividade de manganês peroxidase foi definida como a quantidade de enzima requerida para produzir 1  $\mu\text{mol}$  de produto, complexo formado entre íons  $\text{Mn}^{3+}$  e o malonato, por minuto (WARIISHI; VALLIS; GOLD, 1992). A determinação da atividade enzimática foi realizada conforme a equação:

$$U/ml = \frac{A}{\epsilon} \times \frac{1}{V} \times FD \times \frac{1}{t} \times 1000$$

onde  $\frac{u}{mL}$  é a unidade de manganês peroxidase por mL de substrato,  $A$  é a leitura de absorbância,  $t$  é o tempo de incubação,  $v$  é o volume de enzima empregado nos ensaios,  $Fd$  é o fator de diluição da solução enzimática e  $\epsilon$  é o coeficiente de extinção molar do substrato que para o malonato equivale a  $11590 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

### 2.2.9 Determinação da atividade de Lignina Peroxidase

O ensaio para determinação da atividade da lignina peroxidase foi baseado no método de Tien e Kirk (1984). A reação foi composta por 1,5 mL de tampão tartarato 0,1 M em pH 3; 0,2 mL de álcool veratrílico 4 mM; 0,2 mL da solução enzimática e 0,10 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  1mM. A reação ocorreu em banho-maria (Fanem – 102N) a 30 °C por 10 minutos, em seguida realizou-se a leitura da absorbância em 310nm ( $\epsilon_{310} = 9,3 \times 10^3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) contra branco (contendo 1,6 mL de tampão tartarato, 0,2 mL de álcool veratrílico e 0,2 mL da solução enzimática). Uma unidade de atividade de enzimática foi determinada como a quantidade de enzima necessária para formação de 1  $\mu\text{mol}$  de produto por minuto. A determinação da atividade enzimática foi realizada conforme a equação:

$$U/ml = \frac{A}{\epsilon} \times \frac{1}{V} \times FD \times \frac{1}{t} \times 1000$$

onde  $\frac{u}{mL}$  é a unidade de lignina peroxidase por mL de substrato,  $A$  é a leitura de absorbância,  $t$  é o tempo de incubação,  $v$  é o volume de enzima empregado nos ensaios,  $Fd$  é o fator de diluição da solução enzimática e  $\epsilon$  é o coeficiente de extinção molar do substrato que para o malonato equivale a  $9,3 \times 10^3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

### 2.2.10 Determinação da Porcentagem de Descoloração

A absorbância do sobrenadante dos cultivos fúngicos e dos cultivos controle (sem o fungo) foram comparados no comprimento de onda de maior absorção do corante de acordo a seguinte equação:

$$\% \text{ Descoloração} = \left( \frac{Abs_0 - Abs_t}{Abs_0} \right) \times 100$$

Onde  $Abs_0$  é a absorbância inicial abiótica e  $Abs_t$  absorbância lida da amostra.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Avaliação da biomassa

A determinação da biomassa é um método muito eficiente, que aponta a efetividade dos meios de cultivos utilizados. A composição dos meios definidos foi selecionada afim de relacionar a importância de seus componentes com o crescimento microbiano. Na Tabela 01 e 02 apresentam-se os resultados obtidos após incubação dos fungos na presença dos corante RA133 e RBBR. Todas as determinações foram expressas com a média  $\pm$  desvio padrão das triplicatas experimentais. A análise de variância (ANOVA) foi realizada utilizando o software The R Foundation for Statistical Computing. O teste de Tukey foi utilizado para avaliar as diferenças entre as médias ( $p \leq 0,05$ ).

RA133 (g)						
MEIOS	1	2	3	4	5	6
<i>P. ostreatus</i>	0,24 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	0,15 $\pm$ 0,00 <sup>bc</sup>	0,11 $\pm$ 0,03 <sup>c</sup>	0,21 $\pm$ 0,01 <sup>ab</sup>	0,22 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,24 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>
<i>L. gilbertsonii</i>	0,28 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>	0,12 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>	0,12 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	0,33 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	0,31 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	0,31 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>
<i>MB19-50</i>	0,17 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>	0,15 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>	0,07 $\pm$ 0,00 <sup>c</sup>	0,25 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	0,27 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,30 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>

Tabela 01. Biomassa fúngica obtida após sete dias de incubação na presença do corante RA133. Em cada linha, os valores marcados com letras distintas indicam diferença significativa entre as médias, a nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

Fonte: o próprio autor.

Na Tabela 01 estão os resultados obtidos após incubação dos fungos na presença do corante RA133. Observa-se que os fungos *P. ostreatus* e *L. gilbertsonii* demonstraram o mesmo padrão de crescimento, não apresentando diferença significativa entre os meios 1 (completo), 4 (pó de cana como fonte de carbono), 5 (pó de coco como fonte de carbono) e 6 (farelo de casca de pinhão como fonte de carbono). Os valores de biomassa variaram entre 0,21 a 0,24 g e 0,28 a 0,33 g, para *P. ostreatus* e *L. gilbertsonii*, respectivamente. O fungo MB19-50 apresentou melhor desenvolvimento nos meios 4 (pó de cana como fonte de carbono), 5 (pó de coco como fonte de carbono) e 6 (farelo de casca de pinhão como fonte de carbono), onde os valores obtidos de biomassa variaram ente 0,25 a 0,30 g.

MEIOS	RBBR (g)					
	1	2	3	4	5	6
<i>P. ostreatus</i>	0,11 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,02 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,06 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,24 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,26 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,28 ± 0,02 <sup>a</sup>
<i>L. gilbertsonii</i>	0,09 ± 0,00 <sup>c</sup>	0,07 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,08 ± 0,02 <sup>c</sup>	0,43 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,43 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,34 ± 0,02 <sup>b</sup>
<i>MB19-50</i>	0,14 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,07 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,08 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,27 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,27 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,25 ± 0,01 <sup>a</sup>

Tabela 02. Biomassa fúngica obtida após sete dias de incubação na presença do corante RBBR. Em cada linha, os valores marcados com letras distintas indicam diferença significativa entre as médias, a nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

Fonte: o próprio autor.

Na Tabela 02 apresentam-se os resultados obtidos após incubação dos fungos na presença do corante RBBR. Os três fungos não apresentaram diferença significativa entre os meios 4 (pó de cana como fonte de carbono), 5 (pó de coco como fonte de carbono) e 6 (farelo de casca de pinhão como fonte de carbono). O *P. ostreatus* apresentou valores de biomassa entre 0,24 e 0,28 g, o *L. gilbertsonii* entre 0,34 e 0,43g e o MB19-50 0,25 e 0,27 g.

De maneira geral a variação na razão C / N, nos meios 2 e 3, provou afetar o crescimento e o metabolismo celular. Já os substratos acrescidos com resíduos lignocelulósicos apresentaram maior quantidade de biomassa. Esses resíduos são ricos em fontes de micro e micranutrientes essenciais para o metabolismo celular, que se tornam disponíveis através da oxidação de moléculas orgânicas, como por exemplo a celulose (XU *et al.* 2020). Além disso, subprodutos agrícolas ou lenhosos são ótimos substratos, pois imitam o habitat natural da maioria dos fungos (MURUGESAN *et al.* 2007).

## 3.2 Descoloração dos corantes pelo fungo *Pleurotus ostreatus* em meio líquido

### 3.2.1 Remazol Brilliant Blue RN

Na Figura 01 observa-se a máxima de descoloração, 97,24 %, no meio dois (Figura 02), após sete dias de incubação. A família *Pleurotaceae* do filo basidiomycota é muito estudada por vários autores, devido a sua ampla capacidade de degradação de uma variedade de corantes. Zhuo *et al.* (2019) alcançaram 84,90 % de descoloração do mesmo corante empregado neste estudo, após 24 horas de incubação com o fungo *Pleurotus ostreatus*.

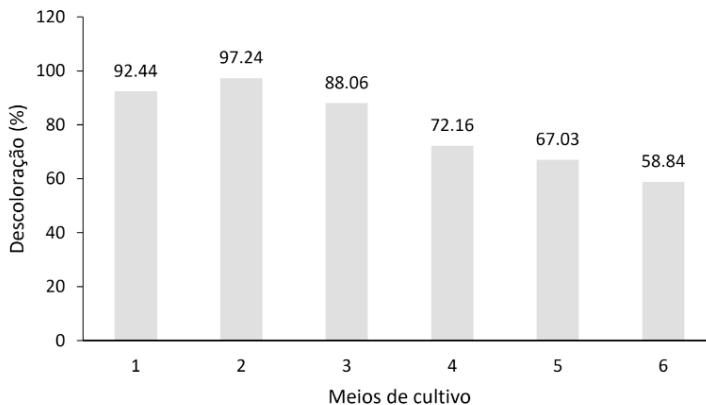


Figura 01. Descoloração do RBBR por *P. ostreatus* em meio líquido.

Fonte: o próprio autor.

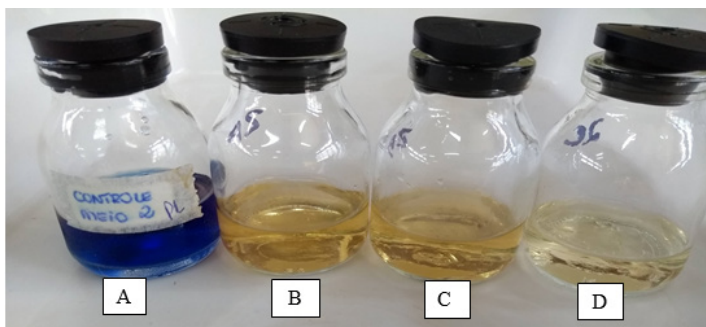


Figura 02. Descoloração do corante RBBR pelo fungo *P. ostreatus* durante cultivo líquido no meio 2. (A) controle - meio abiótico contendo o corante. (B); (C); (D) sobrenadante do cultivo fúngico em meio contendo o corante.

Fonte: o próprio autor.

O meio 3, que não continha glicose, resultou numa menor porcentagem de descoloração em relação aos meios 1 e 2. No sobrenadante deste meio, foi observado a presença de uma coloração ambar (Figura 03). Embora a tonalidade de azul característica do corante não estivesse mais presente, a pigmentação vermelha atrapalhou na determinação da porcentagem de descoloração do corante RBBR. Murugesan *et al.* (2007) explicam que fungos de podridão branca são ótimos biorremediadores pois apresentam alta taxa de produção de enzimas capazes de descolorir efluentes, porém, a presença de algumas enzimas como lacase, podem afetar a coloração do meio através da produção de pigmentos. Tauber, Guebitz



e Rehorek (2005) utilizaram o método de inativação enzimática combinado com ultrassom para evitar a formação de cores indesejáveis.

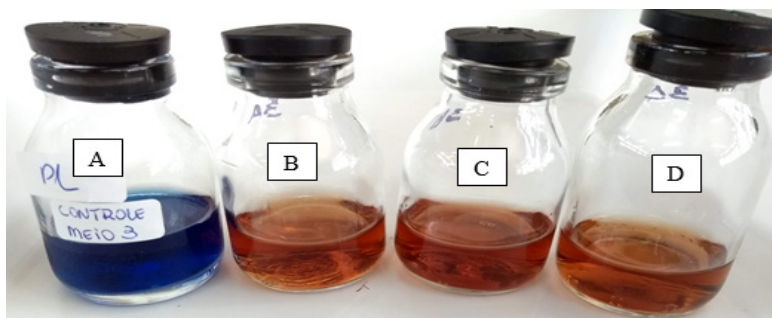


Figura 03. Descoloração do corante RBBR pelo fungo *P. ostreatus* durante cultivo líquido no meio 3. (A) controle – meio de cultivo abiótico contendo o corante. (B); (C); (D) sobrenadante do cultivo fúngico no meio 3.

Fonte: o próprio autor.

### 3.2.2 Remazol Azul BTE BB 133%

À partir dos dados na Figura 04, foi observado que a descoloração foi maior que 90 % em todos os meios, exceto no meio 6. E quase 100 % nos meios 1, 2 e 3 (Figura 05).

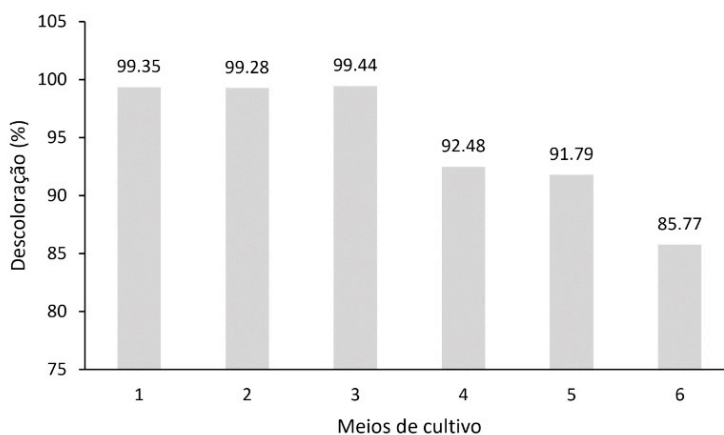


Figura 04. Descoloração do RA133 por *P. ostreatus*.

Fonte: o próprio autor.

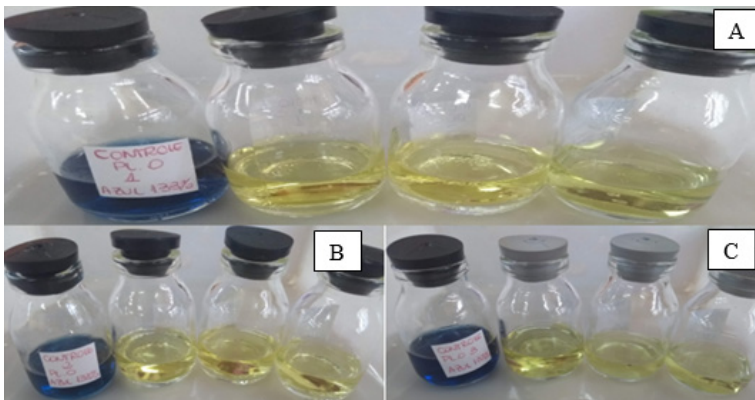


Figura 05. Descoloração dos meios 1 (A), 2 (B) e 3 (C) contendo o corante RA133 pelo fungo *P. ostreatus*.

Fonte: o próprio autor.

Os estudos de biorremediação com corantes do tipo trifenolmetano ainda apresentam divergências entre si. A dificuldade para acesso à estrutura dos corantes e também, o completo entendimento do mecanismo de ataque enzimático à essas estruturas químicas, podem estar relacionados com a dificuldade de encontrar um método efetivo para decoloração do mesmo. Lallawmsanga *et al.* (2019) testaram quatro diferentes corantes trifenolmetano com uma espécie de *Pleurotus*, obtendo níveis de decoloração de 16, 22 e 33% e somente um deles apresentou 68,61 %. Já os autores Przystaś, Zabłocka-Godlewska e Grabińska-Sota (2018) conseguiram 100% de decoloração, em 48 horas, do corante verde brilhante empregando a cepa de *P. ostreatus* imobilizada em suportes sólidos.

### 3.3 Descoloração dos corantes empregando o fungo *Laetiporus gilbertsonii* em meio líquido

#### 3.3.1 Remazol Brilliant Blue RN

Na Figura 06 apresentam-se os níveis de decoloração obtidos após o período de cultivo, 87,70 % no meio cinco (Figura 07). Como mencionado na seção 3.3.1.1 a catalogação equivocada de espécies do gênero *Laetiporus*, pode ser o motivo da escassez de pesquisas que avaliam o potencial de biodescoloração deste fungo. Mtui e Masalu (2008) isolaram uma cepa de *Laetiporus sulphureus* de uma floresta da Tanzânia, obtendo 90% de decoloração para um corante de antraquinona. Wunch, Feibelman e Bennett (1997) avaliaram a decoloração de um corante poli-antraquinona, Poly R-478, por *L. sulphureus*, atingindo níveis de 68 %.

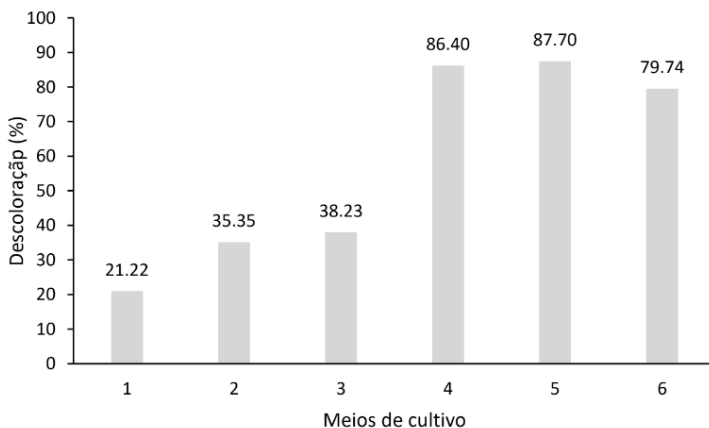


Figura 06. Descoloração do RBBR por *L. gilbertsonii*.

Fonte: o próprio autor.

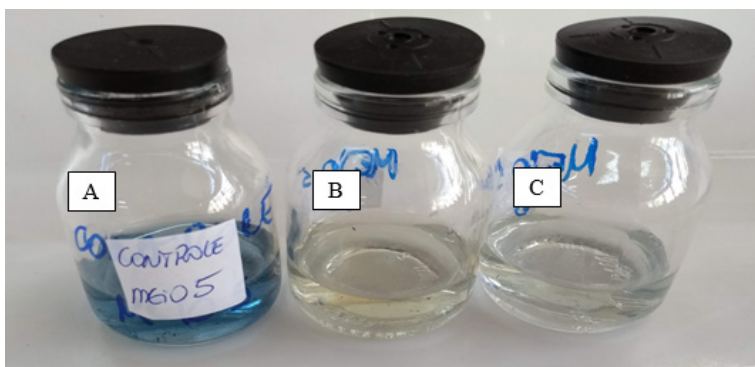


Figura 07. Descoloração do corante RBBR pelo fungo *L. gilbertsonii* durante cultivo líquido no meio 5. (A) controle – meio de cultivo abiótico contendo o corante. (B) e (C) sobrenadantes do cultivo fúngico no meio 5.

Fonte: o próprio autor.

### 3.3.2 Remazol Azul BTE BB 133%

Analisando a Figura 08 é possível observar que a decoloração do RA133 não foi eficiente na maioria dos seis meios, atingindo 83,12 % apenas no meio 1.

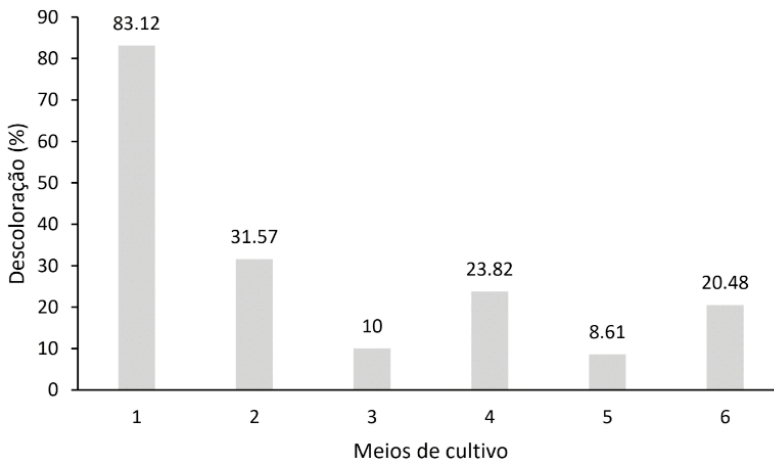


Figura 08. Descoloração do RA133 por *L. gilbertsonii*.

Fonte: o próprio autor.

### 3.4 Descoloração dos corantes empregando o isolado fúngico MB19-50 em meio líquido

#### 3.4.1 Remazol Brilliant Blue RN

O isolado fúngico MB19-50 apresentou bons resultados nos meios 4, 5 e 6 (Figura 09), sendo que o pico de decoloração de 80 % ocorreu no meio 5.

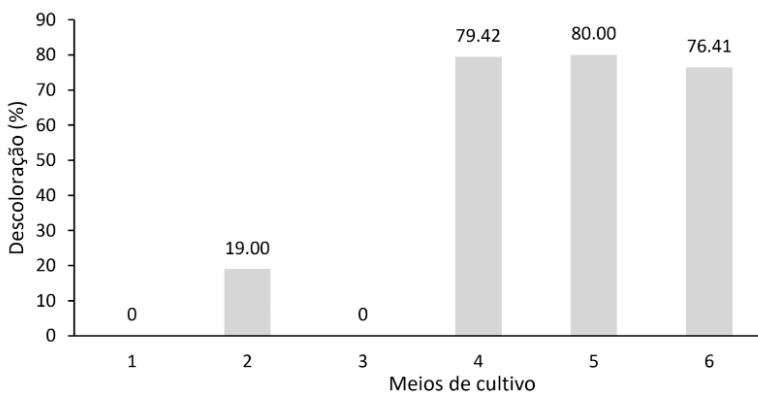


Figura 09. Descoloração do corante RBBR por MB19-50.

Fonte: o próprio autor.

### 3.4.2 Remazol Azul BTE BB 133%

Para o corante trifenilmetano Remazol Azul BTE BB 133 %, não foi constatado descoloração no sobrenadante dos cultivos fúngicos.

## 3.5 Avaliação da produção e atividade de oxidases durante os cultivos nos meios contendo corante

Todas as determinações foram expressas com a média  $\pm$  desvio padrão das triplicatas experimentais. A análise de variância (ANOVA) foi realizada utilizando o software The R Foundation for Statistical Computing. O teste de Tukey foi utilizado para avaliar as diferenças entre as médias ( $p \leq 0,05$ ).

### 3.5.1 Lacase

Os resultados do ensaio enzimático (Tabelas 3 e 4) demonstraram que o *L. gilbertsonii* não produziu a enzima lacase na presença de nenhum dos corantes. O isolado fúngico MB19-50 apresentou atividade somente na incubação com o corante RA133, sendo 3,74 U/mL de atividade no meio seis. Já para o *P. ostreatus* foi encontrado atividade de lacase em todos os seis meios de cultivo, sendo as maiores atividades de 21,96 U/mL (meio 6) e 1,07 U/mL (meio 1), para os corantes RA133 e RBBR, respectivamente.

Os dados obtidos acordam com outros encontrados na literatura, onde fungos de podridão parda não são conhecidos como produtores de enzimas fenoloxidasas. Já os fungos de podridão branca, como o gênero *Pleurotus*, produzem maiores quantidades de lacase, sendo a principal enzima responsável pela biodegradação de lignina e corantes têxteis, destes fungos (ROBINSON; CHANDRAN; NIGAM, 2001). Levin, Malignani e Ramos (2010) testaram a produção enzimática de lacase em diferentes fungos de podridão branca, *Trametes trogiem*, *Trametes villosa* e *Coriolus vesicolor*, sendo o *T. trogiem* com atividade de 148,6 U/mL .

	RA133 (g)					
MEIOS	1	2	3	4	5	6
<i>P. ostreatus</i>	6,58 $\pm$ 0,18 <sup>d</sup>	7,72 $\pm$ 0,59 <sup>d</sup>	16,78 $\pm$ 0,41 <sup>c</sup>	15,68 $\pm$ 0,56 <sup>c</sup>	19,16 $\pm$ 0,42 <sup>b</sup>	21,96 $\pm$ 0,70 <sup>a</sup>
<i>L. gilbertsonii</i>	0	0	0	0	0	0
<i>MB19-50</i>	1,57 $\pm$ 0,30 <sup>cd</sup>	1,03 $\pm$ 0,06 <sup>de</sup>	0,81 $\pm$ 0,07 <sup>e</sup>	2,33 $\pm$ 0,11 <sup>b</sup>	1,66 $\pm$ 0,26 <sup>c</sup>	3,74 $\pm$ 0,26 <sup>a</sup>

Tabela 03. Atividade (U/mL) de Lac na presença do corante RA133. Em cada linha, os valores marcados com letras distintas indicam diferença significativa entre as médias, a nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

Fonte: o próprio autor.

MEIOS	RBBR (g)					
	1	2	3	4	5	6
<i>P. ostreatus</i>	1,07 ± 0 <sup>a</sup>	0,13 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,17 ± 0 <sup>c</sup>	0,12 ± 0 <sup>d</sup>	0,45 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,13 ± 0 <sup>d</sup>
<i>L. gilbertsonii</i>	0	0	0	0	0	0
MB19-50	0	0	0	0	0	0

Tabela 04. Atividade (U/mL) de Lac na presença do corante RBBR. Em cada linha, os valores marcados com letras distintas indicam diferença significativa entre as médias, a nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

Fonte: o próprio autor.

### 3.5.2 Manganês Peroxidase

Todos os microrganismos apresentaram atividade de manganês peroxidase na presença de ambos os corantes, RBBR e RA133. (Tabelas 05 e 06). O *P. ostreatus* apresentou maior atividade, 14,38 U/mL (meio 5) e 42,59 U/mL (meio 4), na presença do RA144 e RBBR, respectivamente. Já o *L. gilbertsonii* apresentou níveis de 27,94 U/mL (meio 6) para RA133 e 15,53 U/mL (meio 4) para RBBR. O isolado MB19-50 na presença do corante RA133 teve maior atividade em torno de 12,77 U/mL (meio 1) e para o RBBR 36,77 U/mL (meio 1).

MEIOS	RA133 (g)					
	1	2	3	4	5	6
<i>P. ostreatus</i>	1,84 ± 0,27 <sup>f</sup>	5,87 ± 0,15 <sup>e</sup>	6,86 ± 0,25 <sup>d</sup>	9,71 ± 0,08 <sup>c</sup>	14,38 ± 0,06 <sup>a</sup>	13,64 ± 0,20 <sup>b</sup>
<i>L. gilbertsonii</i>	5,54 ± 0,35 <sup>d</sup>	2,12 ± 0,13 <sup>f</sup>	4,10 ± 0,13 <sup>e</sup>	8,18 ± 0,16 <sup>c</sup>	9,17 ± 0,03 <sup>b</sup>	27,94 ± 0,16 <sup>a</sup>
MB19-50	12,77 ± 0,31 <sup>a</sup>	0 <sup>e</sup>	3,97 ± 0,11 <sup>d</sup>	7,17 ± 0,17 <sup>b</sup>	5,72 ± 0,25 <sup>c</sup>	6,01 ± 0,17 <sup>c</sup>

Tabela 05. Atividade (U/mL) de MnP na presença do corante RA133. Em cada linha, os valores marcados com letras distintas indicam diferença significativa entre as médias, a nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

Fonte: o próprio autor.

MEIOS	RBBR (g)					
	1	2	3	4	5	6
<i>P. ostreatus</i>	10,85 ± 0,21 <sup>d</sup>	13,49 ± 0,46 <sup>c</sup>	15,82 ± 0,45 <sup>b</sup>	42,59 ± ,033 <sup>a</sup>	6,68 ± 0,53 <sup>e</sup>	14,73 ± 0,44 <sup>b</sup>
<i>L. gilbertsonii</i>	12,42 ± 0,09 <sup>c</sup>	8,15 ± 0,20 <sup>d</sup>	12,76 ± 0,40 <sup>c</sup>	15,53 ± 0,10 <sup>a</sup>	13,67 ± 0,31 <sup>b</sup>	3,03 ± 0,09 <sup>bc</sup>
MB19-50	36,77 ± 0,34 <sup>a</sup>	9,83 ± 0,31 <sup>c</sup>	6,97 ± 0,14 <sup>d</sup>	13,55 ± 0,26 <sup>b</sup>	3,38 ± 0,27 <sup>e</sup>	3,65 ± 0,11 <sup>e</sup>

Tabela 06. Atividade (U/mL) de MnP na presença do corante RBBR. Em cada linha, os valores marcados com letras distintas indicam diferença significativa entre as médias, a nível de significância de  $p \leq 0,05$ .

Fonte: o próprio autor.

### 3.5.3 Lignina Peroxidase

Nenhum dos fungos avaliados apresentou atividade de Lignina Peroxidase nos diferentes meios de cultivo.

## 4 | CONCLUSÃO

A descoloração dos corantes Remazol Brilliant Blue RN (RBBR) e Remazol Azul BTE BB 133% (RA133) pelo fungo *Pleurotus ostreatus* foi promissora, alcançando máximas de descoloração de 97,24% (meio 2) e 99,44% (meio 3), respectivamente. Já para o fungo *Laetiporus gilbertsonii* MY-01 a descoloração do RBBR atingiu níveis de 87,70% (meio 5) e para o RA133 83,12% (meio 1). O isolado fúngico MB19-50 apresentou descoloração de 80% (meio 5) para o corante RBBR e não descoloriu o RA133 em nenhum dos seis meios de cultivo. A utilização de resíduos lignocelulósicos como fonte de carbono nos meios líquidos, favoreceu o crescimento dos três fungos. A enzima lacase na presença do corante RA133 foi identificada em todos os sobrenadantes dos meios de cultivo do *P. ostreatus*, com melhor atividade de 21,96 U/mL; o isolado MB19-50 apresentou atividade de 3,74 U/mL e o *L. gilbertsonii* não apresentou atividade enzimática em nenhum dos meios. Na presença do RBBR somente o fungo *P. ostreatus* apresentou atividade de lacase, sendo a melhor atividade de 1,07 U/mL. Os três fungos apresentaram atividade de manganês peroxidase na presença dos corantes RBBR e RA133. Para o RA133 o *P. ostreatus* apresentou 14,38 U/mL de atividade, para o *L. gilbertsonii* obteve-se máxima de atividade de 27,97 U/mL e o MB19-50 apresentou atividade de 12,77 U/mL. Já na presença do corante RBBR o fungo *P. ostreatus* apresentou 42,59 U/mL de atividade, o *L. gilbertsonii* atingiu máxima de atividade enzimática de 15,53 U/mL e o MB19-50 apresentou atividade de 36,77 U/mL.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos de biorremediação empregando microrganismos, em especial os fungos, são alternativas biotecnológicas sustentáveis para tratamento de efluentes. Através do presente trabalho foi possível constatar que os fungos de podridão branca e parda, possuem esse potencial biotecnológico devido a produção de enzimas que atuam na biodegradação de xenobióticos.

A utilização de resíduos lignocelulósicos provenientes da agroindústria ou agroflorestais, como substrato de fermentação, é alternativa que se encaixa em muitos aspectos hoje abordados, como, sustentabilidade, ideologias de produção, eficácia do ecossistema, química verde e engenharia ecológica. A possibilidade de reutilização desses materiais além de sustentável se encaixa nos aspectos

econômicos, visto que novas empregabilidades dos resíduos agregam valor aos mesmos e possibilitam uma nova economia.

Pesquisas deste âmbito mostram que ainda existe muito a ser estudado. Otimização e aumento da atividade enzimática, testes com enzimas em diferentes suportes para imobilização, tratamentos alternativos e sustentáveis que não gerem subprodutos, alternativas para logística de biorremediação em escala industrial, são alguns exemplos de áreas que ainda podem ser exploradas.

## REFERÊNCIAS

BRASIL – FUNASA. **Manual de Saneamento**. 3 ed. rev. – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. 408 p.

LALLAWMSANGA, L. *et al.* **Elevated levels of laccase synthesis by *Pleurotus pulmonarius* BPSM10 and its potential as a dye decolorizing agent.** *Saudi Journal of Biological Sciences*, v. 26, n. 3 p. 464-468, 2019.

LALNUNHLIMI, Sylvine.; Krishnaswamy, Veenagayathri. **Decolorization of azo dyes (Direct Blue 151 and Direct Red 31) by moderately alkaliphilic bacterial consortium.** *Brazilian Journal of Microbiol.*, v. 74, n. 1, p. 39-46, 2016.

LEVIN, Laura; MELIGNANI, Eliana; RAMOS, M. Araceli. **Effect of nitrogen sources and vitamins on ligninolytic enzyme production by some white-rot fungi. Dye decolorization by selected culture filtrates.** *Bioresource Technology*, v. 101, n. 12, p. 4554-4563, 2010.

MTUI, Godliving; MASALU, Rose. **Extracellular enzymes from brown-rot fungus *Laetiporus sulphureus* isolated from mangrove forests of coastal Tanzania.** *Scientific Research and Essay*, v. 3, n. 4, p. 154-161, apr. 2008.

MURUGESAN, Kumarasamy; NAM, In-Hyun; KIM, Young-Mo; CHANG, Yoon-Seok. **Decolorization of reactive dyes by a thermostable laccase produced by *Ganoderma lucidum* in solid state culture.** *Enzyme and Microbial Technology*, v. 40, n. 7, p. 1662-1672, jun. 2007.

PANDEY, K. Raj; TEWARI, Salil; TEWARI, Lakshmi. **Lignolytic mushroom *Lenzites elegans* WDP2: Laccase production, characterization, and bioremediation of synthetic dyes.** *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 158, p. 50-58, 2018.

PASZCZYNSKI, A.; HUYNH V. B.; CRAWFORD, R. **Enzymatic activities of an extracellular, manganese-dependent peroxidase from *Phanerochaete chrysosporium*.** *FEMS Microbiology Letters*, v. 29 p 37-41, 1985.

PRZYSTAŚ, Wioletta.; ZABŁOCKA-GODLEWSKA, Ewa.; GRABIŃSKA-SOTA, Elżbieta. **Efficiency of decolorization of different dyes using fungal biomass immobilized on different solid supports.** *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 49, n. 2, p. 285-295, 2018.

ROBINSON, T; CHANDRAN, B; NIGAM, P. **Studies on the production of enzymes by white-rot fungi for the decolourisation of textile dyes.** *Enzyme and Microbial Technology*, v. 28, n. 8, p. 575-579, 2001.



TAUBER, M. Michael; GUEBITZ, M. Georg; REHOREK, Astrid. **Degradation of azo dyes by laccase and ultrasound treatment.** *Applied and Environmental Microbiology*, v. 71, n. 5, p. 2600–2607, 2005.

TIEN, Ming; KIRK, T. Kent. **Lignin-degrading enzyme from *Phanerochaete chrysosporium*: Purification, characterization, and catalytic properties of a unique H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-requiring oxygenase.** *Proc. Natl. Acad. Sci. UAS*, v. 81, n. 8, p. 2280-2284, 1984.

XU, Ling. *et al.* **Laccase production by *Trametes versicolor* in solid-state fermentation using tea residues as substrate and its application in dye decolorization.** *Journal of Environmental Management*, v. 270, 2020.

WARIISHI, Hiroyuki; VALLIS, Khadar; GOLD, H. Michael. **Manganese(II) Oxidation by Manganese Peroxidase from the Basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*.** *The Journal of Biological Chemistry*, v. 267, n. 33, p. 23689-23695, jul. 1992.

WUNCH, G. K; FEIBELMAN, J. BENNETT, W. **Screening for fungi capable of removing benzo[a]pyrene in culture.** *Appl Microbiol Biotechnology*, v. 47, p. 620-624, 1997.

ZHUO, Rui; ZHANG, Jinwen; YU, Hongbo; MA, Fuying; ZHANG, Xiaoyu. **The roles of *Pleurotus ostreatus* HAUCC 162 laccase isoenzymes in decolorization of synthetic dyes and the transformation pathways.** *Chemosphere*, v. 23, n. 234, p. 733-745, 2019.

## 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](http://www.arenaeditora.com.br)



[contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)



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



[www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)

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



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



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



[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)