

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

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

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alessandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFRP
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatiany Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvío Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Desenvolvimento e transferência de tecnologia na engenharia química 2

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento e transferência de tecnologia na engenharia química 2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-922-6

DOI 10.22533/at.ed.226211904

1. Engenharia química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 660

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

Este e-book intitulado: “Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2” é composto por dezoito capítulos de livros que foram organizados e divididos em três áreas temáticas: (i) minerais e materiais lignocelulósicos; (ii) aplicações industriais e (iii) aplicação de tecnologias avançadas de tratamento com destaque para os processos oxidativos avançados (POAs).

A primeira temática é constituída por oito trabalhos que apresentam estudos de utilização de resíduos como matéria-prima na produção de materiais cerâmicos e a obtenção de materiais de elevado custo e aplicabilidade a partir de matéria-prima mais abundante e economicamente mais acessível. Além disso, apresenta um trabalho que descreve um procedimento experimental para a escolha mais adequada e viável de uma biomassa de origem vegetal que pode apresentar características de um adsorvente e vir a ser utilizado tanto na forma *in natura* quanto modificada quimicamente, objetivando-se a remoção de compostos inorgânicos e orgânicos em diferentes matrizes aquosas. Neste sentido, trabalhos que investigaram a capacidade de remoção de poluentes utilizando minerais (argila) e biomassas vegetais (ricas em celulose e/ou lignina) apresentaram resultados satisfatórios em relação aos compostos-alvo de interesse, com destaque para a remoção do metal cromo hexavalente (Cr^{6+}) e fósforo e nitrogênio amoniacal que provocam a eutrofização de corpos aquáticos e morte de toda a biota.

O segundo tema está associado à aplicação dos conhecimentos de química e engenharia em diferentes seguimentos: (i) alimentação e (ii) processos industriais. No setor de alimentos é apresentado um trabalho que trata da avaliação microbiológica de biscoitos e empanados processados com filé de carpa Húngara, bastante abundante no estado de Santa Catarina. Já em processos industriais é apresentado um estudo que avalia o melhor dimensionamento de um condensador de amônia que possui grandes aplicações em diferentes seguimentos industriais; um estudo que avalia e compara os reatores CSTR e PFR para a produção de combustível proveniente de fontes renováveis e por fim um estudo de caso que avaliou a utilização de biometano em frotas de ônibus de seis cidades do estado de São Paulo.

A última temática trata da aplicação de diferentes POAs (Fenton e fotocatalise heterogênea tanto com o trióxido de tungstênio dopado com prata ($\text{WO}_3\text{-Ag}$) quanto o dióxido de titânio (TiO_2) para a degradação de diferentes CIEs (fármacos, microplásticos) que vem sendo reportado em trabalhos realizados em todo o mundo. No Brasil a falta de uma legislação mais restritiva associada a falta de fiscalização vem colaborando para a maior detecção e quantificação de diferentes CIEs nos diferentes compartimentos aquáticos afetando a qualidade e a sobrevivência dos diferentes organismos presentes nos inúmeros ecossistemas brasileiros.

Neste sentido, a Atena Editora vem colaborando com pesquisadores de todas as áreas do conhecimento possibilitando a divulgação de seus trabalhos e contribuindo com a disseminação destas informações de forma gratuita e acessível em diferentes plataformas digitais.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DE LAMA ABRASIVA PROVENIENTE DO CORTE DE GRANITO NA PRODUÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA

Adriel Martins da Silva
Keina Dalila dos Santos
Luan Regio Pestana
Luís Ramon Silva Ferreira
Façal Gazel

DOI 10.22533/at.ed.2262119041

CAPÍTULO 2..... 13

VULCANIZAÇÃO COM PRODUTOS NATURAIS: UMA ANÁLISE ATRAVÉS DA MODELAGEM MOLECULAR

Helson Moreira da Costa
Valéria Dutra Ramos

DOI 10.22533/at.ed.2262119042

CAPÍTULO 3..... 40

OBTAINING GRAPHENE OXIDE FROM GRAPHITE USING THE HUMMERS METHOD

Dailson José de Queiroz Lima
Samantha Amorim Rebolledo
Everton Fabrício Franceschi
Leonardo Auco Brochetti

DOI 10.22533/at.ed.2262119043

CAPÍTULO 4..... 56

PROCEDIMENTOS ALTERNATIVOS DE ADSORÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES: UMA TRIAGEM EXPERIMENTAL

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Bruno Elias dos Santos Costa
Nivia Maria Melo Coelho

DOI 10.22533/at.ed.2262119044

CAPÍTULO 5..... 69

UTILIZAÇÃO DE ARGILA TIPO CAULINITA IN NATURA E TRATADA SUPERFICIALMENTE NA ADSORÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE Cr(VI)

Lenice Campos
Robert Orlando Braz Giacomini
João Batista dos Santos Magalhães de Almeida
Pedro Roberto Araújo Santos Filho
Mario Sérgio da Rocha Gomes

DOI 10.22533/at.ed.2262119045

CAPÍTULO 6..... 81

AValiação DA INFLUÊNCIA DE PRÉ-TRATAMENTOS ALCALINOS NA EXTRAÇÃO DA

LIGNINA PRESENTE NA FIBRA DO MESOCARPO DO COCO

Geovanna Miranda Teixeira

Emanuel Souza de Souza

Leila Maria Aguilera Campos

DOI 10.22533/at.ed.2262119046

CAPÍTULO 7..... 95

EL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA DE BAMBÚ ANGUSTIFOLIA “BAMBUSOIDEAE” FACTOR DETERMINANTE DEL PORCENTAJE DE CELULOSA EXTRAÍDO

Willam Esparza

Luis Chamorro

Wilson Herrera

DOI 10.22533/at.ed.2262119047

CAPÍTULO 8..... 105

OTIMIZAÇÃO DA REMOÇÃO DE FÓSFORO E NITROGÊNIO AMONÍACAL POR LIGNINA

Lenice Campos

Bárbara Leticia Peroni

João Batista dos Santos Magalhães de Almeida

Pedro Roberto Araújo Santos Filho

Mario Sérgio da Rocha Gomes

DOI 10.22533/at.ed.2262119048

CAPÍTULO 9..... 118

HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR: ESTUDO CINÉTICO E MODELAGEM SEMI-MECANÍSTICA

Gustavo Batista

Renata Beraldo Alencar de Souza

Antonio José Gonçalves Cruz

DOI 10.22533/at.ed.2262119049

CAPÍTULO 10..... 126

APLICAÇÃO DE WETLANDS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Camila Daniely Costa

Daylaine Aguiar Santos

Manfredo Frederico Felipe Hoppe

DOI 10.22533/at.ed.22621190410

CAPÍTULO 11..... 141

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE BISCOITOS E EMPANADOS PROCESSADOS COM E SEM GLÚTEN A PARTIR DE FILÉ DE CARPA HÚNGARA (*CYPRINUS CARPIO*)

Arthur Mateus Schreiber

Alessandro Hermann

DOI 10.22533/at.ed.22621190411

CAPÍTULO 12..... 148

DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CONDENSADOR DE AMÔNIA DO TIPO PLACA

EM ESPIRAL

Maria Clara de Carvalho Aguiar
Alex Vazzoler

DOI 10.22533/at.ed.22621190412

CAPÍTULO 13..... 157

ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DOS REATORES CSTR E PFR PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Gabriella Santos Soares
Sabrina Rodrigues da Silva

DOI 10.22533/at.ed.22621190413

CAPÍTULO 14..... 171

BIOMETHANE FROM LANDFILL GAS IN URBAN BUS FLEETS: STUDY CASE IN SIX CITIES IN ARC, STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

Mauro Donizeti Berni
Paulo Cesar Manduca
Ivo Leandro Dorileo
Leonardo G. de Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.22621190414

CAPÍTULO 15..... 180

REAGENTES FENTON: TÉCNICA ANALÍTICA PARA PRÉ-TRATAMENTO DE AMOSTRAS DE ÁGUAS RESIDUAIS CONTAMINADAS POR MICROPLÁSTICOS

Andressa Rossatto
Maurício Zimmer Ferreira Arlindo
Taiana Denardi de Souza
Christiane Saraiva Ogradowski

DOI 10.22533/at.ed.22621190415

CAPÍTULO 16..... 184

UTILIZAÇÃO DE MATERIAS BIOADSORVENTES PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS CONTAMINADAS E REDUÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS

José Henrique Hammerschmidt Muhlbeier
Luís Fernando Cusioli
Laiza Bergamasco Beltran
Rosângela Bergamasco

DOI 10.22533/at.ed.22621190416

CAPÍTULO 17..... 194

SÍNTESE E AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE WO₃-Ag PARA FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA NA DEGRADAÇÃO DE ACETAMINOFENO

Beatriz Lara Diego dos Reis Fusari
Antonio Carlos Silva Costa Teixeira
Priscila Hasse Palharim

DOI 10.22533/at.ed.22621190417

CAPÍTULO 18.....	207
DEGRADAÇÃO DA AMOXICILINA POR PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO EM REATOR CONTÍNUO COM TiO₂ FIXADO AO LEITO	
Bruno Rampanelli Dahmer	
Sabrina Grando Cordeiro	
Giovana Wanessa Franke Bohn	
Jéssica Adriane Barth	
David Green	
Eduardo Miranda Ethur	
Elisete Maria de Freitas	
Gustavo Reisdorfer	
Lucélia Hoehne	
DOI 10.22533/at.ed.22621190418	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	218
ÍNDICE REMISSIVO.....	219

CAPÍTULO 6

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE PRÉ-TRATAMENTOS ALCALINOS NA EXTRAÇÃO DA LIGNINA PRESENTE NA FIBRA DO MESOCARPO DO COCO

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 05/01/2021

Geovanna Miranda Teixeira

Universidade Salvador – UNIFACS
Salvador-BA
<http://lattes.cnpq.br/9628683014856332>

Emanuel Souza de Souza

Universidade Salvador – UNIFACS
Salvador-BA
<http://lattes.cnpq.br/9931389328153129>

Leila Maria Aguilera Campos

Universidade Salvador – UNIFACS
Salvador-BA
<http://lattes.cnpq.br/0402361716510097>

RESUMO: O resíduo agroindustrial de lignina gerado em larga escala nas indústrias de papel e celulose e etanol de segunda geração tem sido pouco aproveitado. A fibra do mesocarpo do coco apresenta grandes proporções desse recurso com, cerca de, 40% em sua composição. Desse modo, esse trabalho teve como objetivo avaliar a influência de pré-tratamentos alcalinos na extração da lignina, presente na fibra do mesocarpo do coco, utilizando NaOH e H_2O_2 , de forma isolada e também, combinados. O pré-tratamento com NaOH 2M + NaOH 2M obteve maior solubilização da lignina (51,57%). Na caracterização química constatou-se que as ligninas obtidas apresentaram semelhanças quanto ao grau de pureza quando comparado à lignina comercial. Os resultados obtidos a

partir da Espectrometria UV/Vis confirmaram a presença da lignina tipo S e de unidades fenilpropanóides na amostra.

PALAVRAS-CHAVE: Coco; Pré-tratamento; Alcalina; Lignina.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF ALKALINE PRE-TREATMENTS IN THE EXTRACTION OF THE LIGNIN PRESENT IN THE COCONUT MESOCARP FIBER

ABSTRACT: The agro-industrial waste from lignin generated on a large scale in the second-generation paper and cellulose and ethanol industries has been underutilized. The fiber of the coconut mesocarp has large proportions of this resource, with approximately 40% in its composition. Thus, this work evaluated the influence of alkaline pretreatments in the extraction of lignin, present in the fiber of the coconut mesocarp, using NaOH and H_2O_2 , in isolation and, combined. Pretreatment with NaOH 2M + NaOH 2M obtained higher solubilization of lignin (51.57%). In the chemical characterization it was verified that the obtained lignins presented similarities in the degree of purity compared to the commercial lignin. The results obtained by UV/Vis Spectrometry confirmed the presence of type S lignin and phenylpropanoid units in the sample.

KEYWORDS: Coconut; Pre-treatment; Alkaline; Lignin.

1 | INTRODUÇÃO

A utilização de biomassas vegetais como matérias-primas para fontes de energia tem

despertado o interesse da comunidade científica, uma vez que ao agregar esse recurso renovável à cadeia produtiva, supre a demanda mundial e minimiza os impactos ambientais, já que são menos agressivas ao meio ambiente (SHER *et al.*, 2019).

As biomassas são constituídas, predominantemente, de celulose hemicelulose e lignina, polímeros de carboidratos que se interligam em uma estrutura amorfa e macromolecular complexa. A maior parte dos processos industriais que trabalham com a biomassa lignocelulósica se concentra na utilização da celulose e hemicelulose, sendo a lignina direcionada para a cogeração de energia, devido ao seu alto poder calorífico (WANG *et al.*, 2019). Com isso, pesquisas que visam a reutilização da lignina têm tido grande destaque, pelo fato deste resíduo apresentar alta estabilidade térmica, capacidade antioxidante, rigidez favorável e estrutura tridimensional única (CHI *et al.*, 2020; TEN & VERMERRIS, 2015; THAKUR & THAKUR, 2015; THAKUR *et al.*, 2014).

Atualmente, a principal fonte de lignina é oriunda da indústria de papel, sendo um dos principais subprodutos gerados da polpação da madeira. Este procedimento é realizado com o intuito de extrair a lignina presente na matriz lignocelulósica, que confere resistência e é responsável pela cor escura do papel. A maior parte da lignina gerada é queimada, a fim de gerar energia para a indústria (THAKUR & THAKUR, 2015).

De acordo com o IBÁ (2019), o Brasil é um dos maiores produtores da indústria de papel e celulose do mundo, ficando atrás, apenas, dos Estados Unidos que, em 2018, alcançou uma produção de 21,1 milhões de toneladas de celulose. Desse modo, estima-se que a produção de lignina no Brasil chegou a 10,5 milhões de toneladas, correlacionando a proporção entre celulose e lignina para espécies de eucalipto (OLIVEIRA, 2020; COLARES *et al.*, 2015)

O coco, uma biomassa rica em lignina, é constituído por três partes fundamentais, endocarpo, exocarpo e mesocarpo e apresenta, cerca de, 30 a 40% em sua composição (GONÇALVES *et al.*, 2018; CABRAL, 2017), sendo amplamente consumido no Brasil, principalmente da região litorânea. Entretanto, seu resíduo não possui um destino apreciável, uma vez que, cerca de, 85% do peso bruto se transforma em lixo, o que acaba por ocasionar problemas ambientais.

Existem variadas formas de utilização do resíduo do coco que visam a minimização dos impactos ambientais, além de agregar valor a essa cadeia produtiva (NUNES *et al.*, 2020), o que contribuiu para o aumento das pesquisas referentes a tratamentos eficientes envolvendo a digestão da celulose, remoção da hemicelulose, assim como a extração da lignina. O pré-tratamento da biomassa é fundamental em seu processo de transformação, uma vez que é responsável por facilitar a acessibilidade à biomassa lignocelulósica, ao quebrar as ligações complexas que envolvem os seus constituintes.

O pré-tratamento alcalino tem como principal função a deslignificação da fibra, por meio da desestruturação da matriz lignocelulósica. Diferentes solventes podem ser utilizados neste tipo de tratamento, os quais se destacam, NaOH e H₂O₂ alcalinizado

(RAMBO *et al.*, 2020), NaClO₂ (GONÇALVES *et al.*, 2018), Ca(OH)₂ (RABELO *et al.*, 2011), dentre outros.

O mercado produtivo que utiliza a lignina como matéria-prima é bastante amplo, seus produtos obtidos são de elevado valor comercial, tais como, fibras de carbono, plásticos, resinas epóxi, elastômeros termoplásticos, espumas, membranas poliméricas, combustíveis (BANU *et al.*, 2019). Porém, a grande dificuldade em utilizar a lignina isolada está associada à sua solubilidade, principalmente na área de polímeros, pois muitas das aplicações requerem a funcionalização da macromolécula da lignina (MENG *et al.*, 2019).

Visando agregar valor comercial à lignina e destinar a fibra do coco a uma nova cadeia produtiva, o presente trabalho teve como objetivo, avaliar a influência de pré-tratamentos alcalinos na extração da lignina, presente na fibra do mesocarpo do coco, utilizando NaOH e H₂O₂, de forma isolada e, combinados, através da comparação entre os teores de celulose, hemicelulose e lignina da biomassa *in natura* e pré-tratadas e, da análise de Espectroscopia no Ultravioleta-Visível (UV-Vis) da lignina solúvel presente na amostra.

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Material lignocelulósico – lignina

As biomassas possuem em sua composição, celulose, hemicelulose e lignina, polímeros que se interligam em uma estrutura amorfa e macromolecular complexa (BURUIANA *et al.*, 2014). As unidades fundamentais da lignina, fenilpropanóides, compostas pelos álcoois coniferílico, sinapílico e p-cumarílico ligam-se de forma aleatória formando uma molécula tridimensional ramificada (GAO & FATEHI, 2019; LAURICHESSE & AVÉROUS, 2014; HOLLADAY *et al.*, 2007). A composição das subunidades poliméricas, peso molecular e as ligações formadas entre as unidades básicas apresentam alta variabilidade no que se refere à biomassa e ao processo de extração. O caráter amorfo concede à lignina uma ampla reatividade o que dificulta na determinação do comportamento quando aplicada em processos industriais (YOO *et al.*, 2020).

O fracionamento da biomassa lignocelulósica tem atraído muita atenção dos pesquisadores nos últimos anos devido à possibilidade da sua utilização como matéria-prima na produção de biocombustíveis. Segundo Chen & Wan (2018), a biomassa lignocelulósica é uma fonte renovável promissora para produzir biocombustíveis e produtos bioquímicos, entretanto, a sua natureza recalcitrante implica no pré-tratamento, antes de ser convertida.

2.2 Pré-tratamentos alcalinos

Os diferentes tipos de pré-tratamentos reduzem a recalcitrância da estrutura da biomassa lignocelulósica, separando a lignina da celulose. Estes processos aumentam a proporção da celulose na fibra, provocam mudanças nas ligações de hidrogênio, além de

permitir a dissolução da biomassa (RAMBO *et al.*, 2020; LAU *et al.*, 2017).

Estudos realizados por Rambo *et al.* (2020), visando a otimização de pré-tratamentos para a conversão de resíduos de coco em açúcares fermentáveis, alcançaram um teor de lignina na amostra *in natura* de, aproximadamente, 32,80%. Após a realização dos pré-tratamentos com H₂O₂ 3% (m/v), à 55 °C, durante 4h e NaOH 4% (m/v), à 70 °C, durante 3h, ambos na proporção biomassa/solvente de 1:20, este teor caiu para, cerca de, 20,80% e 14,39%, respectivamente.

Segundo Araújo *et al.* (2017), estudos realizados com a casca do coco, utilizando um pré-tratamento com H₂O₂ 7,35% (v/v) alcalinizado a pH 11,5, à temperatura ambiente, durante 1h, conseguiram solubilizar, cerca de, 15% da lignina inicial, enquanto que o pré-tratamento com H₂SO₄ 0,6M, à 121 °C, durante 15 minutos, sequencial ao tratamento NaOH 4% (m/v), à 121 °C, durante 30 minutos, não apresentou remoção significativa da fração de lignina.

3 | METODOLOGIA

3.1 Preparo da biomassa

A fibra do coco bruta foi pré-tratada fisicamente, passando pelas seguintes etapas: lavagem em água corrente para a remoção de substâncias solúveis presentes em sua superfície; secagem em estufa a 100 °C, em torno de 30 a 50 minutos a fim de garantir a perda de umidade; moagem para o aumento da superfície de contato e, peneiração aquedando a granulometria desejada na faixa de 32-60 mesh.

3.2 Determinação de extrativos

A remoção dos extrativos foi realizada de acordo com os procedimentos do National Renewable Energy Laboratory (NREL) utilizando o extrator Soxhlet para a remoção de substâncias que podem se tornar inibidores para as etapas subsequentes, como é o caso das ceras, terpenos e ácidos graxos. O processo ocorre em duas etapas, nas quais são utilizados cartuchos celulósicos preenchidos com a biomassa. Na primeira etapa, foram utilizados 190 mL de água ultrapura, durante 6 horas e, na segunda etapa, o procedimento foi repetido utilizando etanol, durante 4 horas.

3.3 Pré-tratamentos da lignina

A fibra do mesocarpo do coco foi submetida a diferentes tipos de pré-tratamentos utilizando hidróxido de sódio e peróxido de hidrogênio, a saber:

- NaOH 2M e NaOH 5,16M

12,0 g da fibra do coco foram introduzidas em um reator inox juntamente com 240 mL de NaOH 2M e aquecidos em uma mufla (EDG 7000) à 200 °C, durante 50 minutos. Este

procedimento foi repetido com a substituição do solvente por NaOH 5,16M, com e sem a adição de 0,80 g de antraquinona (C₁₄H₈O₂), sendo a solubilização realizada anteriormente ao pré-tratamento à 80 °C durante 30 minutos.

- H₂O₂ 7,5% (v/v)

10,0 g de fibra de coco foram introduzidas em um erlenmeyer juntamente com 250 mL de H₂O₂ 7,5% (v/v), alcalinizado com NaOH 1M até atingir pH 11,5 e, aquecidos em incubadora orbital (TECNAL TE – 4200) a 60 °C, durante 120 minutos sob agitação de 150rpm.

- NaOH 2M + NaOH 2M e H₂O₂ 7,5% (v/v) + NaOH 2M

12,0 g de fibra de coco pré-tratadas com NaOH 2M e H₂O₂ 7,5% (v/v) foram submetidas a um novo tratamento utilizando 240 mL de NaOH 2M, à 200 °C, durante 50 minutos, em uma mufla (EDG 7000).

Após a realização de cada pré-tratamento mencionado acima, as amostras foram filtradas a vácuo. A fração líquida foi imediatamente direcionada para precipitação e purificação da lignina, a fim de evitar sua degradação, enquanto que, a fração sólida foi destinada para a análise dos açúcares fermentescíveis.

3.4 Caracterização da fibra *in natura* e pré-tratada

O procedimento foi realizado seguindo a metodologia proposta por Rocha (2014), onde 1,0 g de amostra foi macerada com 7,5 mL de H₂SO₄ 72% (m/m) em um béquer e, aquecida a 45 °C em um banho termostático, durante 10 minutos, seguindo-se da adição de 137,5 mL de água ultrapura e posterior autoclavagem, durante 30 minutos, a 120 °C. Em seguida, a fração sólida foi separada da fração líquida por filtração simples em papel de filtro qualitativo e ambas foram quantificadas para a determinação da lignina solúvel e insolúvel, respectivamente.

3.5 Cálculo da Solubilização dos componentes da fibra

A solubilidade dos materiais lignocelulósicos, celulose, hemicelulose e lignina, foram determinadas logo após a caracterização química de cada etapa para melhor análise dos resultados através da Equação 1:

$$S = 1 - \frac{m_{\text{Final}} \times y_{\text{Final}}}{m_{\text{Inicial}} \times y_{\text{Inicial}}} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

onde:

S - Solubilização do componente (%);

mFinal - massa seca da fibra do coco no final de cada etapa (g);

mInicial - massa seca da fibra do coco no início de cada etapa (g);

yFinal- fração do componente na fibra do coco no final de cada etapa;

yInicial - fração do componente na fibra do coco no início de cada etapa.

3.6 Precipitação e purificação da lignina

A precipitação da lignina foi desenvolvida segundo o método proposto por Kim *et al.* (1987), no qual a amostra de licor negro, fração líquida, previamente obtida do pré-tratamento alcalino, foi acidificada com uma solução de H_2SO_4 72% (v/v) até atingir pH 2, aproximadamente. Em seguida, a mistura foi centrifugada para a separação das fases, onde o sobrenadante foi submetido a análise de Espectroscopia no Ultravioleta-Visível (UV-Vis) e, o precipitado, foi lavado 3 vezes, com água destilada, seco em estufa e submetido à caracterização química.

3.7 Determinação de celulose e hemicelulose presente na lignina obtida

Amostras de 0,3 g de lignina foram transferidas para tubos de vidro e tratadas com 3 mL de H_2SO_4 72% (m/m), a 35 °C por 60 min. Em seguida, foram adicionadas 84 mL de água ultrapura e as amostras foram autoclavadas por 60 min, a 121 °C. Em seguida, a fração sólida foi separada da fração líquida por filtração em papel de filtro qualitativo e, ambas foram quantificadas para a determinação da lignina solúvel e insolúvel, respectivamente (CTBE, 2018).

4 | RESULTADOS

4.1 Caracterização química da fibra tratada

A Tabela 1 mostra os teores obtidos dos principais constituintes, celulose, hemicelulose e lignina total, além de cinzas e extrativos, da biomassa in natura e após os pré-tratamentos iniciais.

Constituintes	Fração mássica da fibra pré-tratada (%)									
	<i>In natura</i>		NaOH 2M		NaOH 5,16M		NaOH 5,16M / $C_{14}H_8O_2$		H_2O_2 7,5% (v/v)	
Celulose	42,99	± 4,50	51,56	± 3,54	41,00	± 0,67	41,44	± 0,85	46,16	± 0,92
Hemicelulose	13,84	± 0,70	11,01	± 0,62	14,21	± 0,09	14,55	± 0,09	13,82	± 0,70
Lignina	43,01	± 2,48	37,01	± 1,05	38,4	± 0,54	37,72	± 0,42	32,86	± 0,48
Cinzas	0,38	± 0,84	1,43	± 0,01	1,86	± 0,08	1,93	± 0,07	2,17	± 0,01
Extrativos	2,93	± 0,13	2,93	± 0,13	2,93	± 0,13	2,93	± 0,13	2,93	± 0,13

Tabela 1. Comparação entre as frações mássicas das fibras do coco in natura e pré-tratadas com NaOH 2M, NaOH 5,16M, NaOH 5,16M/ $C_{14}H_8O_2$ e H_2O_2 7,5% (v/v).

A partir dos dados mostrados na Tabela 1, observou-se que nos pré-tratamentos com NaOH 2M, NaOH 5,16M e NaOH 5,16M/ $C_{14}H_8O_2$, os valores referentes ao teor de lignina foram em torno de 38,0%, podendo-se inferir que, a utilização de solvente com

maior concentração e a adição de outro reagente não agregaram melhorias ao processo, somente aumentaram os custos e contribuíram com descartes, impactando no meio ambiente. Desse modo, com o intuito de alcançar maior remoção de lignina optou-se pela realização de um novo pré-tratamento das amostras previamente tratadas com NaOH 2M e com H₂O₂ 7,5% (v/v), adicionando em cada amostra, NaOH 2M.

A Tabela 2 mostra os teores obtidos dos principais constituintes, celulose, hemicelulose e lignina, além de cinzas e extrativos, da biomassa *in natura* e pré-tratadas com NaOH 2M + NaOH 2M e, H₂O₂ 7,5% (v/v) + NaOH 2M.

Constituintes	Fração mássica da fibra pré-tratada (%)		
	<i>In natura</i>	NaOH 2M +NaOH 2M	H ₂ O ₂ 7,5(v/v) +NaOH 2M
Celulose	42,99 ± 4,50	39,49 ± 0,44	54,09 ± 0,83
Hemicelulose	13,84 ± 0,70	6,91 ± 0,09	5,58 ± 0,09
Lignina	43,01 ± 2,48	24,94 ± 0,26	32,21 ± 0,83
Cinzas	0,38 ± 0,84	1,75 ± 0,06	1,42 ± 0,02
Extrativos	2,93 ± 0,13	2,93 ± 0,13	2,93 ± 0,13

Tabela 2. Comparação entre as frações mássicas das fibras do mesocarpo do coco *in natura* e pré-tratadas com NaOH 2M+NaOH 2M e H₂O₂ 7,5% (v/v)+NaOH 2M.

Ao comparar os resultados dos pré-tratamentos com NaOH 2M + NaOH 2M e, com H₂O₂ 7,5% (v/v) + NaOH 2M, observou-se que este último apresentou pequenas alterações quanto ao teor de lignina (de 32,86% para 32,21%). Já o pré-tratamento com NaOH 2M + NaOH 2M mostrou-se mais eficiente, uma vez que o teor de lignina reduziu de 37,01% para 24,94%. As amostras de fibra do mesocarpo do coco após os pré-tratamentos apresentaram perdas mássicas que contribuíram para a solubilização dos constituintes, cerca de, 27,24% (NaOH 2M), 29,75% (H₂O₂ 7,5% (v/v)), 48,74% (NaOH 2M + NaOH 2M) e 12,00% (H₂O₂ 7,5% (v/v) + NaOH 2M).

A Tabela 3 mostra os percentuais de solubilização da lignina nos pré-tratamentos realizados com a fibra do mesocarpo do coco.

Pré-tratamento	Solubilização da lignina (%)
NaOH 2M	23,43
NaOH 5,16M	29,94
NaOH 5,16M /C ₁₄ H ₈ O ₂	21,47
H ₂ O ₂ 7,5% (v/v)	22,73
NaOH 2M + NaOH 2M	51,57
H ₂ O ₂ 7,5% (v/v) + NaOH 2M	40,43

Tabela 3. Comparação entre os teores de solubilização de lignina na fibra do mesocarpo do coco pré- tratado com NaOH 2M, NaOH 5,16M, NaOH 5,16M /C₁₄H₈O₂, H₂O₂ 7,5% (v/v), NaOH 2M + NaOH 2M e H₂O₂ 7,5% (v/v) + NaOH 2M.

Ao se comparar aos valores da solubilização da lignina, mostrados na Tabela 3, verificou-se que a maior remoção de lignina ocorreu com o pré-tratamento sequencial NaOH 2M + NaOH 2M, com, cerca de, 51,57%. O pré-tratamento H₂O₂ 7,5% (v/v) + NaOH 2M não apresentou grandes variações na fração mássica de lignina, conseguindo solubilizar, cerca de, 40,43% de lignina, devido à perda mássica nas duas etapas. Segundo Rambo *et al.* (2020), o pré-tratamento com NaOH 3% (m/v), à 70 °C, em resíduos de coco, durante 3 horas, conseguiu remover, aproximadamente, 80% de lignina.

4.2 Obtenção de lignina a partir dos pré-tratamentos

A Tabela 4 mostra os valores de obtenção de lignina nos pré-tratamentos realizados na fibra do mesocarpo do coco, quanto à massa, concentração de lignina no licor negro, assim como seu percentual.

Pré-tratamento	Massa lignina precipitada (g)	Concentração de lignina no licor negro (g/L)	% de lignina obtida
NaOH 2M	2,36	9,83	45,71
NaOH 5,16M	1,28	5,33	24,78
NaOH 5,16M /C ₁₄ H ₈ O ₂	3,66	15,24	70,87
H ₂ O ₂ 7,5% (v/v)	0,40	1,01	7,83
NaOH 2M + NaOH 2M	2,60	10,78	50,38
H ₂ O ₂ 7,5% (v/v) + NaOH 2M	2,40	9,37	46,50

Tabela 4. Comparação entre os valores de massa, concentração e porcentagem de lignina durante os pré-tratamento realizados.

Com os resultados mostrados na Tabela 4, observou-se que a concentração de lignina obtida no pré-tratamento NaOH 2M + NaOH 2M não apresentou alterações

significativas em relação ao NaOH 2M, cujo aumento de massa de lignina precipitada foi de, aproximadamente, 4,67%. No pré-tratamento com H_2O_2 7,5% (v/v) + NaOH 2M foram obtidos, cerca de, 9,37 g/L de lignina (aumento de 38,67 %). Além disso, verificou-se que, dentre os pré-tratamentos realizados de forma isolada, os que utilizaram NaOH 2M e NaOH 5,16M/ $\text{C}_{14}\text{H}_8\text{O}_2$, apresentaram as maiores concentrações de lignina no licor negro, entretanto neste último, observou-se a presença de pequenos cristais, atribuídos, provavelmente, à antraquinona não solubilizada, o que implicou em erros de quantificação.

A Figura 1 mostra uma comparação entre as diferentes ligninas obtidas a partir da fibra do mesocarpo do coco, nos pré-tratamentos utilizando NaOH e H_2O_2 .

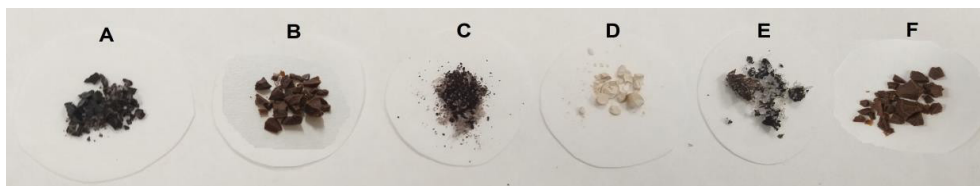


Figura 1. Comparação entre as ligninas obtidas a partir dos pré-tratamentos com (A) NaOH 2M, (B) NaOH 2M+NaOH 2M, (C) NaOH 5,16M, (D) H_2O_2 7,5% (v/v); (E) NaOH 5,16M / $\text{C}_{14}\text{H}_8\text{O}_2$ e (F) H_2O_2 7,5% (v/v)+NaOH 2M.

Dentre as amostras de lignina mostradas na Figura 1 observou-se, na amostra E (NaOH 5,16M/ $\text{C}_{14}\text{H}_8\text{O}_2$), a presença de cristais mais claros junto à lignina, naturalmente preta. A amostra D (H_2O_2 7,5% (v/v)) foi a que mais se diferenciou das outras, pelo fato da utilização de peróxido de hidrogênio como solvente no pré-tratamento, acreditando-se que, durante o experimento ela sofreu um branqueamento.

Bes *et al.* (2019) conseguiram 11,07 g/L de lignina a partir do licor negro obtido a partir da polpação com NaOH 0,5M, proveniente da mistura de fibra de aruda e palha de arroz.

4.3 Determinação de celulose e hemicelulose presente na lignina obtida

A Tabela 5 mostra a comparação entre a fração mássica das ligninas obtidas e a lignina comercial, quanto aos teores de celulose, hemicelulose, lignina e cinzas.

Constituintes	Fração mássica da lignina precipitada (%)				
	NaOH 2M	NaOH 2M + NaOH 2M	H ₂ O ₂ 7,5% (v/v)	H ₂ O ₂ 7,5% (v/v)+NaOH 2M	Lignina comercial
Celulose	9,3 ± 1,7	8,8 ± 0,4	1,5 ± 0,2	9,6 ± 0,5	4,9 ± 0,1
Hemicelulose	2,1 ± 0,1	5,0 ± 0,1	2,6 ± 0,0	2,1 ± 0,0	1,1 ± 0,0
Lignina	92,4 ± 3,2	98,3 ± 2,3	89,4 ± 7,2	83,6 ± 1,1	84,6 ± 0,1
Cinzas	1,1 ± 0,0	2,8 ± 0,0	5,4 ± 0,0	3,9 ± 0,0	9,5 ± 0,0

Tabela 5. Comparação das composições entre a lignina comercial e as ligninas extraídas dos pré-tratamentos realizados no presente trabalho, após a etapa de purificação.

Ao analisar os dados da Tabela 5, verificou-se que as frações da lignina apresentaram valores próximos em todas as amostras, com exceção da NaOH 2M + NaOH 2M, que obteve 98,3%. A fração de cinzas na lignina comercial mostrou-se mais expressiva quando comparada às ligninas obtidas neste trabalho, podendo ser justificada por conta das variações das condições climáticas e de solo, durante o plantio. Quanto às frações dos demais constituintes, celulose e hemicelulose, foram obtidos cerca de, 11,4% (NaOH 2M), 13,8% (NaOH 2M + (NaOH 2M)), 4,1% (H₂O₂ 7,5% (v/v)) e 11,7% (H₂O₂ 7,5% (v/v) + NaOH 2M), enquanto que a lignina comercial apresentou, cerca de, 6,0%, salientando-se que o pré-tratamento com H₂O₂ 7,5% (v/v) + NaOH 2M apresentou teor de pureza mais próximo ao da lignina comercial.

Melo (2015) trabalhou com pré-tratamento do endocarpo do fruto de macaúba, utilizando NaOH 1M, durante 2 horas, e conseguiu obter 60,7% de lignina total.

4.4 Espectroscopia UV/Vis

A Figura 2 mostra o espectro do UV-vis da lignina solúvel nos pré-tratamentos NaOH 2M, NaOH 2M + NaOH 2M, H₂O₂ 7,5% (v/v) e H₂O₂ 7,5% (v/v) + NaOH 2M.

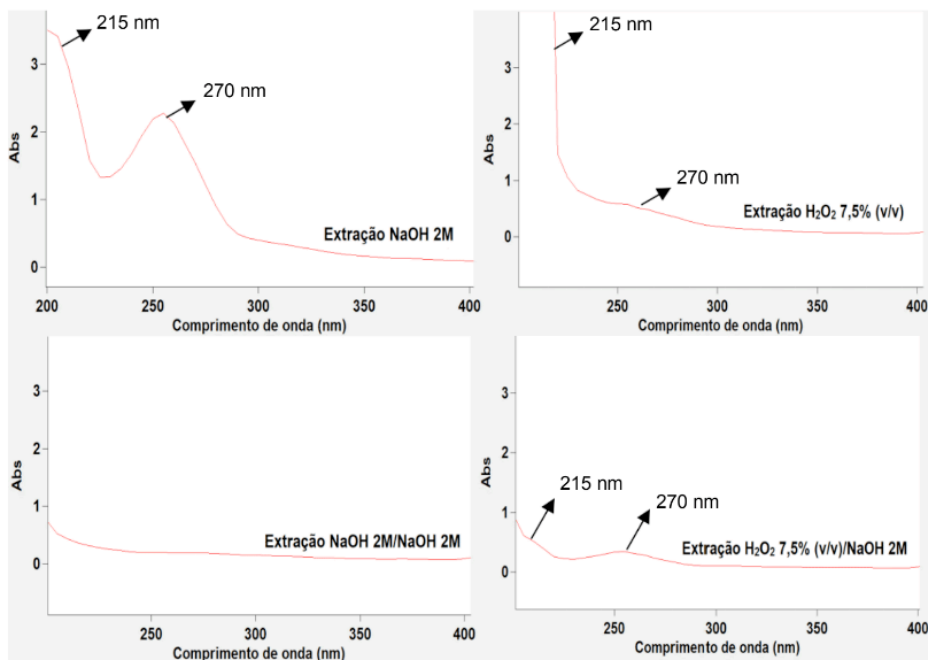


Figura 2. Espectrograma de UV-vis da lignina solúvel, sobrenadante do precipitado de lignina insolúvel, obtida a partir dos tratamentos, NaOH 2M, NaOH 2M + NaOH 2M, H_2O_2 7,5% (v/v) e H_2O_2 7,5% (v/v) + NaOH 2M, na fibra do mesocarpo do coco.

Os espectros mostrados na Figura 2 apresentaram duas regiões, a primeira, situada no comprimento de onda correspondente a 215 nm, indicando que a amostra possui lignina tipo S, e a segunda, em 270 nm, referente à absorção de unidades $-CH=CHCOOH$, indicando a presença de ácidos carboxílicos representativos de fenilpropanóides (XU *et al.*, 2008; GOLDSCHIMIDT, 1971). Nos pré-tratamentos NaOH 2M e H_2O_2 7,5% (v/v), estas duas regiões estão mais evidenciadas indicando que parte da lignina extraída da fibra do mesocarpo do coco não foi precipitada e ainda está presente no licor. Quanto aos pré-tratamentos NaOH 2M + NaOH 2M e H_2O_2 7,5% (v/v) + NaOH 2M, as regiões apresentaram pouca significância, evidenciando que a precipitação foi eficiente devido a ausência de lignina solúvel no licor sobrenadante do tratamento.

51 CONCLUSÕES

As ligninas obtidas nos pré-tratamentos realizados apresentaram similaridades em relação à lignina comercial. O pré-tratamento com NaOH 2M + NaOH 2M obteve maior solubilização da lignina, cerca de 51,57%. Contudo, a concentração de lignina presente no licor durante a segunda etapa foi, cerca de, 10,78 g/L, enquanto no primeiro tratamento foi de 9,83 g/L, representando um aumento de apenas 4,67% em massa da lignina precipitada.

Desse modo, torna-se necessário realizar um estudo sobre a produção de lignina em uma única etapa com um maior tempo de reação, a fim de verificar se é compensatória esta nova etapa, além de pesquisar as prováveis causas que justifiquem esta baixa taxa obtenção de lignina.

Os resultados obtidos a partir da Espectrometria UV/Vis confirmaram a presença da lignina solúvel no licor após a sua precipitação, além de identificar a presença da lignina tipo S nas amostras. Nos pré-tratamentos com NaOH 2M + NaOH 2M e H₂O₂ 7,5% (v/v) + NaOH 2M, não se observaram a presença da lignina solúvel no licor residual após a precipitação, indicando que toda a lignina extraída foi precipitada.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, C. K. C.; CAMPOS, A. A. O.; PADILHA, C. E. A.; SOUSA JÚNIOR, F. C.; NASCIMENTO, R. J. A.; MACEDO, G. R.; SANTOS, E. S. Enhancing enzymatic hydrolysis of coconut husk through *Pseudomonas aeruginosa* AP 029/GLVIIA rhamnolipid preparation. **Bioresource Technology**, 2017.

BANU, J.R.; KAVITHA, S.; KANNAH, R.Y.; DEVI, T.P.; GUNASEKARAN, M.; KIM, S.H.; KUMAR, G. A review on biopolymer production via lignin valorization, **Bioresour. Technol.**, 121790, 2019.

BES, K.; LEMÕES, J. S.; SILVA, C. F. L.; SILVA, S. D. A. Extração e caracterização da lignina proveniente do pré-tratamento de biomassa para produção de etanol de 2ª geração. **Eng Sanit Ambient**, v.24, n.1, 55-60, 2019.

BURUIANA, C.T.; VIZIREANU, C.; GARROTE, G.; PARAJÓ, J.C. Optimization of corn stover biorefinery for coproduction of oligomers and second-generation bioethanol using non-isothermal autohydrolysis. **Industrial Crops and Products**, v. 54, p. 32– 39, 2014.

CABRAL, M. M. S.; ABUD, A. K. S.; ROCHA, M. S. R. S.; ALMEIDA, R. M. R. G.; GOMES, M. A. Composição da fibra da casca do coco verde in natura e após pré-tratamentos química. **Engevista**, v. 19, n.1, p. 99, Janeiro, 2017.

COLARES, C. J. G.; PASTORELE, T. C. M.; CORADIN, V. T. R.; COMARGOS, J. A. A.; MOREIRA, A. C. O.; RUBIM, J. C.; BRAGA, J. W. B. Exploratory analysis of the distribution of lignin and cellulose in woods by Raman imaging and chemometrics. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 26, n. 6, p. 1297–1305, 2015.

CHEN, Z.; WAN, C. Ultrafast fractionation of lignocellulosic biomass by microwave- assisted deep eutectic solvent pretreatment. **Bioresource technology**, v. 250, p. 532- 537, 2018.

CHI, Z.; HAO, L.; DONG, H.; YU, HAN; LUI, H.; YU, HONGBING. The innovative application of organosolv lignin for nanomaterial modification to boost its heavy metal detoxification performance in the aquatic environment. **Chemical Engineering Journal**, 382, 122789, 2020.

CTBE – Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol. **Curso de Caracterização Química do Bagaço e Palha da Cana-De-Açúcar**. Campinas, SP, 2018.

GAO, W; FATEHI, P. Lignin for polymer and nanoparticle production: Current status and challenges. **The Canadian Journal of Chemical Engineering**, 97, 2827–2842, 2019.

GOLDSCHMIDT, O. Ultraviolet Spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWIG, C. H, (Ed). **Lignins: Occurrence, Formation, Structure and Reactions**. Oxford: Wiley- Interscience, p. 241-266, 1971.

GONÇALVES, F. A; RUIZ, H. A; SANTOS, E. S; TEIXEIRA, J. A; MACEDO, G. R. Valorization, Comparison and Characterization of Coconuts Waste and Cactus in a Biorefinery Context Using $\text{NaClO}_2\text{-C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ and Sequential $\text{NaClO}_2\text{-C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ /Autohydrolysis Pretreatment. **Waste and Biomass Valorization**, 2018.

HOLLADAY, J. E; WHITE, J. F; BOZELL J. J; JOHNSON, D. **Top value-added chemicals from biomass**-Volume II—Results of screening for potential candidates from biorefinery lignin, Pacific Northwest National Lab (PNNL), Richland, WA (United States), 2007.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório IBÁ 2019**. Pöyry Consultoria em Gestão e Negócios Ltda., 2019.

KIM, K. H.; DUTTA, T.; SUN, J.; SIMMONS, B.; SINGH, S. Biomass pretreatment using deep eutectic solvents from lignin derived phenols. **Green chemistry**, v. 20, n. 4, p. 809-815, 2018.

LAURICHESSE, S; AVÉROUS, L. Chemical modification of lignins: Towards biobased polymers. **Progress in Polymer Science**, 39, 1266-1290, 2014.

LAU, B. B. Y.; YEUNG, T.; PATTERSON, R. J.; ALDOUS, A. L. A Cation Study on Rice Husk Biomass Pretreatment with Aqueous Hydroxides: Cellulose Solubility Does Not Correlate with Improved Enzymatic Hydrolysis. **ACS Sustainable Chem. Eng.**, 5, 5320-5329, 2017.

NUNES, L. A.; SILVA, M. L. S.; GERBER, J. Z.; KALID, R. A. Waste green coconut shells: Diagnosis of the disposal and applications for use in other products. **Journal of Cleaner Production**, v. 255, 2020.

OLIVEIRA, F. P. **Enriquecimento de grupos carboxila e hidroxilas fenólicas em frações da lignina kraft alcalina obtidas por fracionamento por solventes**. Dissertação de mestrado, UNICAMP, Campinas, 2020.

RABELO, S. C.; AMEZQUITA, N. A. F; ANDRADE, R. R; MACIEL FILHO, R; COSTA, A. C. Ethanol production from enzymatic hydrolysis of sugarcane bagasse pretreated with lime and alkaline hydrogen peroxide. **Biomass & Bioenergy**, 35, 7, 2600-2607, 2011.

RAMBO, M. K. D; MELO, P. M; FERREIRA, M. M. C; RAMBO, M. C. D; BERTOUL, D. A; MOTA, V. L. Optimization of Alkaline, Acidic, Ionic Liquid and Oxidative Pretreatments for Coconut Waste Conversion into Fermentable Sugars. **J. Braz. Chem. Soc.**, Vol. 31, No. 5, 904-915, 2020.

SHER, F.; IQBALB, S. Z.; LIUC, H.; IMRAND, M.; SNAPE, C. E. Thermal and kinetic analysis of diverse biomass fuels under different reaction environment: A way forward to renewable energy sources. **Energy Conversion and Management**, 2019.

THAKUR, V.K; THAKUR, M.K; RAGHAVAN, P; KESSLER, M.R. Progress in green polymer composites from lignin for multifunctional applications: A review, **ACS Sustain. Chem. Eng.**, 2, 1072–1092, 2014.

THAKUR, V.K; THAKUR, M.K. Recent advances in green hydrogels from lignin: a review, **Int. J. Biol. Macromol.**, 72, 834–847, 2015.

WANG, H; PU, Y; RAGAUSKAS, A; YANG, B. From lignin to valuable products- strategies, challenges, and prospects, **Bioresour. Technol.** 271, 449–461, 2019.

XU, F.; JIANG, J.X.; SUN, R.C.; TANG, J.N.; SUN, J.X.; SU, Y.Q. Fractional isolation and structural characterization of mild ball-milled lignin in high yield and purity from *Eucommia ulmoides* Oliv. **Wood Science Technology**, v. 48, p. 211-226, 2008.

YOO, C. G.; MENG, X.; PU, Y.; RAGAUSKAS, A. J. The critical role of lignin in lignocellulosic biomass conversion and recent pretreatment strategies: a comprehensive review. **Bioresource Technology**, p. 122784, 2020.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorbância 72, 73, 205, 212, 214

Adsorção 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 121, 127, 184, 186, 189, 190, 191, 192, 196, 201, 204, 205

Adsorvente 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 69, 71, 72, 74, 79, 184, 186, 187, 188, 189, 190, 191

Águas superficiais 208, 209

Ambiente aquático 132, 185, 194

Analito 59, 60, 61, 62, 64, 65

B

Bactérias 128, 130, 136, 142, 146, 209

Bioadsorventes 58, 184, 218

Biocombustíveis 83, 158

Biodegradável 107, 158

Biodiesel 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 173

Biogás 179

Biomassa 59, 65, 82, 83, 84, 86, 87, 92, 119, 120, 121, 123, 124, 128, 160

C

Carbono 7, 13, 16, 21, 30, 40, 54, 83, 210, 212

Celulose 59, 60, 66, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 89, 90, 105, 116, 119, 120, 121, 124, 189

Coagulante 108, 117

Coliformes 116, 141, 142, 143, 145, 146

Condensador 148, 149, 150, 152, 153

Contaminação 26, 69, 215

Contaminantes emergentes 56, 185

Copolímero 13, 14, 20, 38

D

Degradação 65, 85, 127, 182, 194, 195, 197, 201, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216

Densidade 11, 29, 58, 107, 108, 112, 113

Desenvolvimento sustentável 2, 11

Dessorção 196, 201

Destilação 152

Diesel 157, 158, 160, 169, 170, 172, 173, 175, 176, 177, 179

Dióxido de titânio (TiO₂) 210

E

Ecosistema 129, 130

Espectroscopia 54, 61, 83, 86, 90, 184, 196

Estação de tratamento de esgoto (ETE) 65, 218

Estrutura amorfa 82, 83

F

Fármacos 64, 184, 185, 186, 194, 208

Fibras 60, 83, 86, 87, 96

Floculante 105, 106, 107, 110

Fluido 55, 148, 149, 150, 167

Fotoatividade 195, 213

Fotocatalisador 194, 203, 204, 210, 213

Fotocatálise heterogênea 194, 210

G

Granulometria 3, 4, 63, 84, 120, 190, 208, 212, 213, 216

H

Hidrofílico 21, 58

I

Indústria química 148

In natura 14, 59, 61, 64, 65, 67, 69, 71, 73, 74, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 92, 120, 187, 188

L

Lignina 60, 61, 66, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 119, 120

M

Mananciais 2, 208

Materiais lignocelulósicos 56, 59, 60, 61, 85, 120

Matéria-prima 2, 83

Matrizes ambientais 183

Meio ambiente 1, 2, 70, 80, 82, 87, 106, 116, 126, 128, 181, 184

Metais 2, 55, 56, 57, 58, 62, 63, 64, 69, 70, 127, 130, 138, 186, 210, 218

Microscopia eletrônica de varredura (MEV) 62, 184, 196, 211, 212

Mineral 70

Mineralização 212, 215

N

Nanomateriais 40

Nanopartículas 184, 186, 187, 188, 192, 194, 195, 197, 212, 213

O

Óleos 13, 14, 16, 17, 20, 22, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 37, 38, 39, 157, 158, 160, 161, 162, 164, 169

Otimização 20, 54, 56, 58, 62, 63, 84, 105, 106, 122, 153, 165, 166, 168, 170

Oxidação 54, 63, 70, 127, 160, 194, 204, 215

P

Patógenos 127, 141, 209

Polímero 14, 60, 96, 106, 107, 112, 119

Polissacarídeos 61

Pré-tratamento 58, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 119, 120, 124, 125, 180, 182, 183, 210

Processos industriais 70, 82, 83

Processos oxidativos avançados 57, 194, 195, 208, 209, 210, 218

R

Radiação 61, 132, 195, 196, 200, 210, 216, 218

Reaproveitamento 1, 3, 12, 56, 126, 136, 138

Recursos hídricos 69, 127, 128

Remediação ambiental 56, 58, 218

Remoção 57, 59, 64, 65, 67, 69, 70, 73, 74, 78, 79, 82, 84, 87, 88, 105, 110, 113, 114, 115, 116, 127, 128, 130, 131, 139, 163, 182, 183, 184, 185, 186, 190, 191, 192, 201, 216, 218

Renovável 82, 83, 158, 160, 161

Resíduo 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 67, 81, 82

Resistência 1, 2, 7, 9, 10, 11, 14, 25, 58, 82, 118, 119, 122, 123, 124, 208

S

Semicondutor 213

Superfície 21, 61, 78, 79, 84, 110, 115, 130, 131, 132, 133, 143, 149, 186, 187, 188, 190,

196, 197, 204, 205, 211

T

Temperatura 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 17, 31, 63, 84, 95, 96, 98, 111, 112, 119, 120, 127, 136, 143, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 159, 161, 164, 166, 168, 182, 183, 187, 188, 189, 196, 197

Toxicidade 70, 194, 195, 209

Tratamento de efluentes 56, 57, 58, 65, 105, 126, 139, 208

Trocador de calor 148, 149, 152, 153, 154

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021