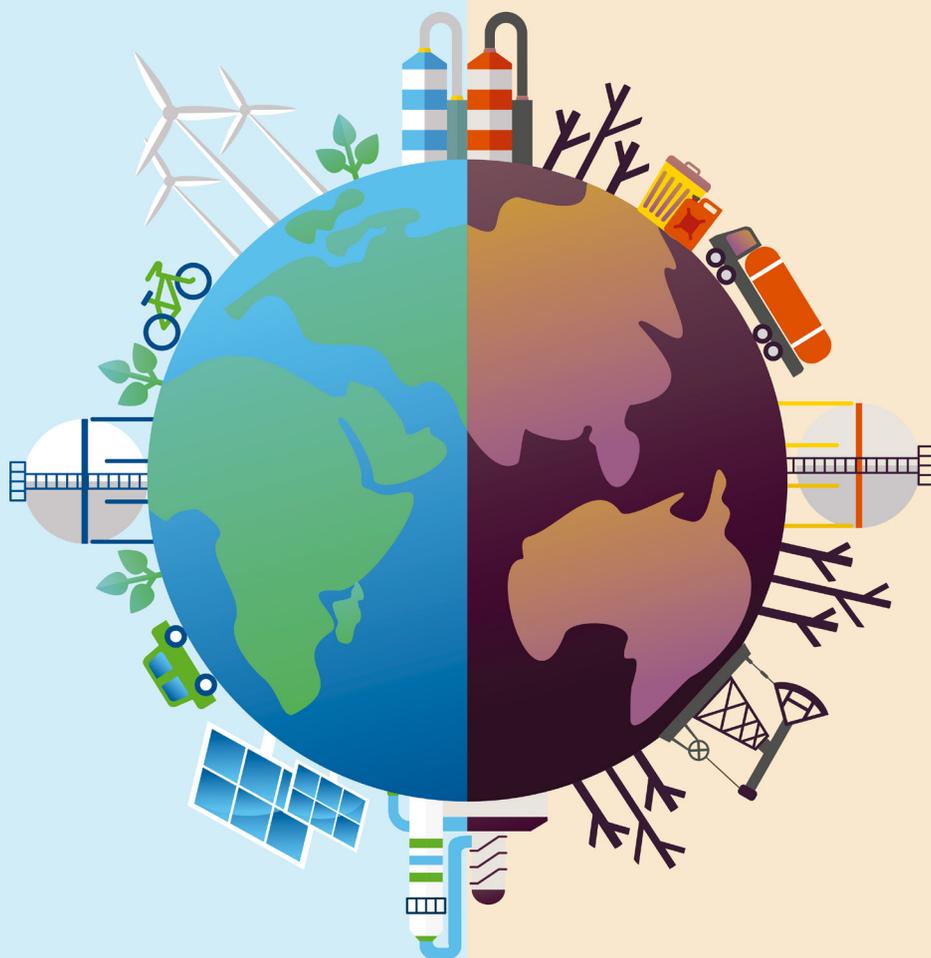


CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO:

A Nova Produção do Conhecimento



Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2021

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO:

A Nova Produção do Conhecimento



Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior
(Organizador)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de 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
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto 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
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª 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. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª 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
Prof^ª 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. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
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
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
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/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
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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

Ciência, tecnologia e inovação: a nova produção do conhecimento

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciência, tecnologia e inovação: a nova produção do conhecimento / Organizador Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-849-6

DOI 10.22533/at.ed.496210903

1. Conhecimento. I. Almeida Junior, Edson Ribeiro de Britto de (Organizador). II. Título.

CDD 001

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

APRESENTAÇÃO

A coleção “Ciência, Tecnologia e Inovação: A Nova Produção do Conhecimento” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio dos trabalhos que compõem seus capítulos. O volume abordará, de forma categorizada e interdisciplinar, resultados de pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam no pluralismo conceitual e epistemológico da Ciência, da Tecnologia e da Inovação.

O objetivo central do livro é apresentar, de forma categorizada e clara, estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do Brasil e de outros países sul-americanos. Partindo do pressuposto que a Tecnologia não se limita ao uso de equipamentos digais, todos os trabalhos manifestam a Tecnologia como uma forma de conhecimento que emerge da atividade humana em busca do desenvolvimento e da melhoria de sua qualidade de vida. Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres, doutores e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela inovação do conhecimento por meio do conhecimento científico e tecnológico.

Na obra, contamos com trabalhos que discutem desde a trajetória da linguagem fundamentada pela filosofia contemporânea até o conceito de Inteligência Artificial. A importância da inovação também é ressaltada por meio de trabalhos que discutem os impactos da tecnologia na segurança pública, na contabilidade ambiental, na caracterização de mercados e até mesmo em empresas construtoras. Há trabalhos que apresentam os benefícios emergentes do aprimoramento de novas técnicas para o desenvolvimento de pasta geopolimérica e para o reaproveitamento de Rejeito e Estéril. Outros capítulos discutem os benefícios provenientes das inovações, como a conservação de recursos hídricos e outras conscientizações ambientais. Em relação à conceitos vinculados à Ciência e Tecnologia de Alimentos, há capítulos que discutem a imobilização de lipases, que são enzimas que catalisam a quebra de gorduras, e o estudo da utilização de Plantas Alimentícias Não Convencionais. Os demais capítulos debatem a respeito das potencialidades, das tecnologias computacionais, para o desenvolvimento de novos exames médicos, de novos combustíveis para aviação e também para o georrefenciamento de doenças em épocas pandêmicas.

Deste modo, essa leitura proporcionará um repertório de trabalhos bem fundamentados e com resultados práticos, obtidos por diversos professores e acadêmicos que arduamente desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 11

INTELIGÊNCIA DIGITAL: ESTRUTURAÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NAS EMPRESAS, LITERACIA EM TECNOLOGIAS E ADAPTAÇÃO INDIVIDUAL DO SER HUMANO

Vitor Lellis Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.4962109031

CAPÍTULO 2 7

A TRAJETÓRIA DO SER E DA LINGUAGEM EM *TERRA SONÂMBULA* DE MIA COUTO COM BASE EM MARTIN HEIDEGGER

Angélica Maria Alves Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.4962109032

CAPÍTULO 3 21

SEGURANÇA PÚBLICA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: UMA ANÁLISE DOS GASTOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Francisco Teixeira Pereira

Isabel Cristina dos Santos

Cristiane Santana Teles Pereira

DOI 10.22533/at.ed.4962109033

CAPÍTULO 4 37

A CONTABILIDADE AMBIENTAL COMO FATOR DE PROTEÇÃO AO ECOSISTEMA E GERAÇÃO DE VALOR AGREGADO

Mayrla Cristhina Freire Moraes

Wilson Maciel Corrêa Filho

Iara Sônia Marchioretto

DOI 10.22533/at.ed.4962109034

CAPÍTULO 5 57

CARACTERIZAÇÃO DO MERCADO DO AEROPORTO MÁRIO DE ALMEIDA FRANCO - UBERABA, MINAS GERAIS

Caroline Gobbo Almeida

Ailton Cícero dos Santos Junior

Viviane Adriano Falcão

DOI 10.22533/at.ed.4962109035

CAPÍTULO 6 69

INCIDENCIA DE LA INNOVACIÓN Y LA GESTIÓN TECNOLÓGICA EN LA COMPETITIVIDAD DE LAS EMPRESAS CONSTRUCTORAS

Giordano Rendina

DOI 10.22533/at.ed.4962109036

CAPÍTULO 7 95

AVALIAÇÃO DA INSERÇÃO DE FIBRAS DE SISAL CURTAS NA OTIMIZAÇÃO DA

PRODUÇÃO DE PASTA GEOPOLIMÉRICA

Lorayne Cristina da Silva Alves
Rondinele Alberto dos Reis Ferreira
Leila Aparecida de Castro Motta

DOI 10.22533/at.ed.4962109037

CAPÍTULO 8107

SOBRE A TEMÁTICA DO REAPROVEITAMENTO DE REJEITOS E ESTÉRIL

Rafaela Baldi Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.4962109038

CAPÍTULO 9112

ADEQUABILIDADE DAS TERRAS DO RIBEIRÃO DAS AGULHAS – BOTUCATU (SP), VISANDO A CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Ana Paola Salas Gomes Duarte Di Toro

Sérgio Campos

Marcelo Campos

Thyellenn Lopes de Souza

Edéria Pereira Gomes Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.4962109039

CAPÍTULO 10120

BREVES CONCEITOS E DEFINIÇÕES DE BIOPROSPECÇÃO NA AMAZONIA LEGAL

Leonardo Marcelo dos Reis Braule Pinto

Michele Lins Aracaty e Silva

Therezinha de Jesus Pinto Fraxe

DOI 10.22533/at.ed.49621090310

CAPÍTULO 11130

AGENDA AMBIENTAL DA ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA (A3P): CAPACITAÇÃO E GERENCIAMENTO PARA AÇÕES RESPONSIVAS NA REDE FEDERAL DE EDUCAÇÃO DO SUL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Sílvia Cristina de Souza Trajano

DOI 10.22533/at.ed.49621090311

CAPÍTULO 12138

IMOBILIZAÇÃO DE LIPASES: UMA VISÃO GERAL DOS MÉTODOS DE IMOBILIZAÇÃO E APLICAÇÕES

Marta Maria Oliveira dos Santos Gomes

Márcia Soares Gonçalves

Marise Silva de Carvalho

Polyany Cabral Oliveira

Luiz Henrique Sales de Menezes

Adriana Bispo Pimentel

Ozana Almeida Lessa

Iasnaia Maria de Carvalho Tavares

Julieta Rangel de Oliveira

Adriano Aguiar Mendes

Marcelo Franco

DOI 10.22533/at.ed.49621090312

CAPÍTULO 13149

PANC COM POTENCIAL GASTRONÔMICO: EXPERIÊNCIA DO CENTRO DE REFERÊNCIA EM AGROECOLOGIA DO IFAM-CMZL

Andrea Paula Menezes de Almeida

Ana de Souza Lima

Marluce Silva dos Santos

Nailson Celso da Silva Nina

Rosana Antunes Palheta

DOI 10.22533/at.ed.49621090313

CAPÍTULO 14170

PARALELIZAÇÃO DO PROBLEMA DE ORDENAÇÃO COM O USO DE OPENCL

Heleno Pontes Bezerra Neto

DOI 10.22533/at.ed.49621090314

CAPÍTULO 15183

GERAÇÃO DE DOMÍNIO E MALHA PARA O ESTUDO FLUIDODINÂMICO COMPUTACIONAL DE VASOS SEPARADORES HORIZONTAIS TRIFÁSICOS

Vittor Jorge Santos Marcelo

Jéssica Barbosa da Silva do Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.49621090315

CAPÍTULO 16199

SELEÇÃO DE *SOFTWARES* PARA O ENSINO DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Marcelo Salvador Celestino

Vânia Cristina Pires Nogueira Valente

DOI 10.22533/at.ed.49621090316

CAPÍTULO 17218

EQUIPAMENTO DE FOTOBIMODULAÇÃO PARA APLICABILIDADE EM ODONTOLOGIA COM PARÂMETROS ASSOCIADOS: PATENTE

Luis Gustavo Franco Lessa

Hideo Suzuki

Aguinaldo Silva Garcez Segundo

DOI 10.22533/at.ed.49621090317

CAPÍTULO 18238

ESTUDO COMPARATIVO DE DIFERENTES BIOMASSAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DE BIOQUEROSENE DE AVIAÇÃO

Carolina Silva e Silva

Caroline de Souza Costa

Natasha Gouveia de Moraes

Luciene Santos de Carvalho

Leila Maria Aguilera Campos

DOI 10.22533/at.ed.49621090318

CAPÍTULO 19	256
PREJUÍZO NAS FUNÇÕES EXECUTIVAS RELACIONADAS AO USO ABUSIVO DE	
ÁLCOOL: UMA REVISÃO INTEGRATIVA	
João Paulo Moreira Di Vellasco	
Rejane Soares Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.49621090319	
CAPÍTULO 20	277
MANUSEIO DE FERRAMENTA <i>ONLINE</i> PARA PROCESSO DE GEORREFENCIAMENTO	
DOS CASOS DE DENGUE EM MEIO A PANDEMIA DA COVID-19	
Vitória Alves de Moura	
Antonia Elizangela Alves Moreira	
Maurício Lima da Silva	
Helvis Eduardo Oliveira da Silva	
Fernanda Guedzya Correia Saturnino	
Renata Torres Pessoa	
Pedro Carlos Silva de Aquino	
Sandra Nyedja de Lacerda Matos	
Hudday Mendes da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.49621090320	
CAPÍTULO 21	285
AS TECNOLOGIAS <i>mHEALTH</i> COMO ESTRATÉGIA DE COMUNICAÇÃO ENTRE	
ENFERMEIROS E LACTANTES	
Claudia Cristina Dias Granito Marques	
Alice Damasceno Abreu	
Laion Luiz Fachini Manfroi	
DOI 10.22533/at.ed.49621090321	
CAPÍTULO 22	325
AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL E FATORES RELACIONADOS EM	
CRIANÇAS COM ALERGIA À PROTEÍNA DO LEITE DE VACA (APLv) NO MUNICÍPIO	
DE IGUATU - CE	
Nielly Coelho Alexandre	
Cicero Jordan Rodrigues Sobreira da Silva	
Yasmim Mota de Moraes Pontes	
Luana Bezerra Mangueira	
Francisco Wellington de Sousa Junior	
Camila Venancia Guerra Andrade	
Thayná Bezerra de Luna	
Maria Iris Lara Saraiva de Figueirêdo	
Roberta Larissa Rolim Fidelis	
Antônia Jaíne Gomes Barboza	
Juliana Alves de Moraes	
Cicero Jonas Rodrigues Benjamim	
DOI 10.22533/at.ed.49621090322	
SOBRE O ORGANIZADOR	335
ÍNDICE REMISSIVO	336

CAPÍTULO 12

IMOBILIZAÇÃO DE LIPASES: UMA VISÃO GERAL DOS MÉTODOS DE IMOBILIZAÇÃO E APLICAÇÕES

Data de aceite: 26/02/2021

Data de submissão: 08/12/2020

Marta Maria Oliveira dos Santos Gomes

Universidade Federal de Alagoas
Instituto de Química e Biotecnologia
Maceió – Alagoas
<http://lattes.cnpq.br/5925280745485828>

Márcia Soares Gonçalves

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Departamento de Ciências Exatas e Naturais
Itapetinga – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/0328533015965604>

Marise Silva de Carvalho

Universidade Estadual de Santa Cruz
Departamento de Ciências Exatas e Tecnologia
Ilhéus – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/2190359141711686>

Polyany Cabral Oliveira

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Departamento de Ciências Exatas e Naturais
Itapetinga – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/7578844724780696>

Luiz Henrique Sales de Menezes

Universidade Estadual de Santa Cruz
Departamento de Ciências Exatas e Tecnologia
Ilhéus – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/7873841538951603>

Adriana Bispo Pimentel

Universidade Estadual de Santa Cruz
Departamento de Ciências Exatas e Tecnologia
Ilhéus – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/7246866330149159>

Ozana Almeida Lessa

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Programa de Pós-graduação em Engenharia
de Processos Químicos e Bioquímicos
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/9047955858362609>

Iasnaia Maria de Carvalho Tavares

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Departamento de Ciências Exatas e Naturais
Itapetinga – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/1637034507089065>

Julieta Rangel de Oliveira

Universidade Estadual de Santa Cruz
Departamento de Ciências Exatas e Tecnologia
Ilhéus – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/6707892522245728>

Adriano Aguiar Mendes

Universidade Federal de Alfenas
Instituto de Química
Alfenas – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/2926571414651131>

Marcelo Franco

Universidade Estadual de Santa Cruz
Departamento de Ciências Exatas e Tecnologia
Ilhéus – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/1435414547926102>

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo revisar processos de imobilização da lipase e suas aplicações biotecnológicas. A biocatálise tem ganhado interesse de pesquisadores, por sua aplicação ligados a química verde. A utilização de enzimas na indústria favorece a biocatálise, porém o seu custo torna o processo com valor

elevado, como também a enzima no processo final não pode ser recuperada para ser reutilizada, com base nessa realidade, o estudo de métodos de imobilização, que auxiliam na fixação de uma enzima em um suporte, favorece a reutilização das enzimas e promovendo o reuso, assim diminuindo custos. Os métodos de imobilização mais conhecidos são: por adsorção física, ligação iônica, ligação covalente, aprisionamento (encapsulação) e por reticulação. É importante o conhecimento de cada método que consiste em vantagens e desvantagens para assim ser utilizado. Atualmente é relatado aplicações dessas enzimas (lipases) imobilizadas e aplicadas em processos biotecnológicos, com aplicabilidade em indústrias. Sendo assim, o presente trabalho visa apresentar um panorama das principais métodos de imobilização e aplicações.

PALAVRAS-CHAVE: Suportes, imobilização, lipases, biocatálise.

IMMOBILIZATION OF LIPASES: AN OVERVIEW OF IMMOBILIZATION METHODS AND APPLICATIONS

ABSTRACT: This work aimed to review lipase immobilization processes and their biotechnological applications. Biocatalysis has gained interest from researchers, for its application linked to green chemistry. The use of enzymes in the industry favors biocatalysis, but its cost makes the process high in value, as well as the enzyme in the final process cannot be recovered to be reused, based on this reality, the study of immobilization methods, which help in the correction of an enzyme in a support, it favors the reuse of enzymes and promoting reuse, thus reducing costs. The best known methods of immobilization are: by physical adsorption, ionic bonding, covalent bonding, trapping (encapsulation) and by crosslinking. It is important to know each method that consists of advantages and disadvantages to be used in this way. Currently, applications of these enzymes (lipases) immobilized and applied in biotechnological processes are reported, with applicability in industries. Thus, the present work aims to present an overview of the main immobilization methods and applications.

KEYWORDS: Supports, immobilization, lipases, biocatalysis.

1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a biocatálise vem se destacando por ser uma ferramenta importante para indústria e tem sido explorado principalmente na área de biocatalisadores naturais, que tem por finalidade transformar reações químicas através de compostos orgânicos, assim destacando-se por ser uma tecnologia aplicada em síntese de produtos (SCHMID A et al., 2001; SUN et al., 2018).

Enzimas tem se destacado por suas condições de catalisadores naturais, entre elas a lipase, atuam na interface orgânica aquosa catalisando a hidrólise das ligações éster-carboxílicas presentes em acilgliceróis liberando ácidos orgânicos e glicerol (POHANKA, 2019). Apesar de serem catalisadores com alta especificidade pela reação que catalisam em condições amenas, as lipases tem restrição quando a sua aplicação em forma livre, devido a sua difícil remoção da solução, tornando o processo caro (LAGE et al., 2016).

Sendo assim a imobilização surge como um processo que visa reduzir a perda de

atividade ou inativação da enzima por influência de moléculas de substratos como ácidos graxos e álcoois (LAGE et al., 2016). Para eficiência do processo de imobilização a escolha do método adequado é importante, pois irá promover um biocatalisador estável. Mendes e colaboradores (2011) afirmaram que deve ser feito testes com finalidade de identificar qual a melhor técnica e suporte para que haja efeitos eficientes para imobilização.

Com o devido crescimento do processo de imobilização (suportes com enzimas) as indústrias que mais tem utilizado produtos derivados de enzimas imobilizadas são, indústrias de bebidas, cosméticos e farmacêutica (OLIVEIRA et al., 2018). A partir dessas informações objetivo-se nesse trabalho revisar a literatura os métodos de imobilização enzimática e suas aplicações biotecnológicas.

2 | BIOCATÁLISE

A biocatálise é uma ferramenta que explora o uso de biocatalisadores naturais, com finalidade de transformar reações químicas através de compostos orgânicos, sendo que a biocatálise tem como a principal diferença dos processos químicos convencionais, a cinética enzimática, proteínas estabilizadas para aplicações industriais, uma ferramenta com amplas aplicações em processos indústrias (SCHMID et al., 2001).

Os biocatalisadores se destacam por conter características importantes ligados a “Química verde” (OMORI et al, 2012). Estes possuem características como: uso de reagentes biodegradáveis (catalisadores de fontes naturais), alta seletividade, condições brandas de reações (temperatura e pressão) (OMORI et al, 2012), a mínima formação de produtos indesejáveis (produtos secundários), os produtos finais são de fáceis separações e recuperação (CASTRO et al, 2014).

Conseqüentemente, a biocatálise tem se destacado até agora como uma das principais tecnologias quando se trata da síntese de produtos. E mesmo com inúmeras histórias de sucesso no passado e presente, no entanto, uma série de desafios ainda existe, como a descoberta de novos biocatalisadores (SUN et al., 2018).

3 | ENZIMAS

Atualmente enzimas têm sido exploradas não só por ser altamente seletiva para a síntese de moléculas, mas também por conter atividades elevadas, estabilidade e por conduzirem reações (SUN et al., 2018). Por serem biocatalisadores não-tóxicos, as enzimas aceleram a taxa de reação, com grande potencial de versatilidade na catálise (MENESES et al., 2017).

A utilização de enzimas, embora seja altamente atrativa, possui a grande desvantagem na sua utilização, seja na forma solúvel ou na forma de preparados em pó (forma livre) que é a sua remoção do meio para posterior aplicação, assim como a

contaminação do produto final desejado. (LAGE et al., 2016).

Com objetivo de evitar perdas e atender a qualidade, se faz necessário o processo de imobilização, permitindo a aplicação de enzimas como biocatalisadores em processos produtivos e a utilização em indústrias. (ANTONY; MOHANAN, 2019). Chibata e colaboradores (1978), definiu como imobilização enzimática sendo a técnica que mantém o biocatalisador fisicamente confinado ou localizado numa região específica do suporte com retenção da sua atividade catalítica, podendo ser reutilizado continuamente (FERNANDES et, al., 2010).

São conhecidos vários métodos de imobilização enzimática (Figura 1), aplicando diferentes protocolos no processo de imobilização em que suportes sólidos são baseados em imobilizações físicas e químicas (NEKTARIA MARKOGLU, 2003).

Com o processo de imobilização algumas características da enzima podem sofrer alterações, tais como atividade catalítica e a sua conformação, isso irá variar conforme método escolhido de imobilização (NEKTARIA MARKOGLU, 2003).

Sendo assim diversos protocolos têm sido empregados no processo de imobilização. Esse processo está ligado a vantagens e desvantagens, (MENESES et al., 2017). Por essa razão é importante o conhecimento sobre os diferentes tipos de suporte.

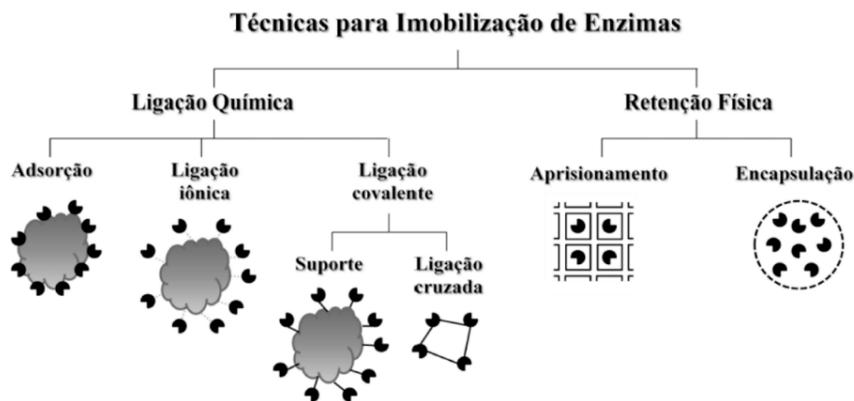


Figura 1: Principais técnicas de imobilização enzimática (JEGANNATHAN; ABANG, 2008).

3.1 Suportes

Os suportes podem ser classificados como orgânicos e inorgânicos, em relação à morfologia podem ser classificados em porosos, não porosos e estrutura em gel (DALLA-VECCHIA; NASCIMENTO, 2004). A importância de conhecer as características físicas do suporte (polaridade, razão molar de hidrófilo para grupos hidrofóbicos, tamanho de partícula, área superficial, porosidade e tamanho de poro) irá definir a quantidade de lipase ligada e a atividade da lipase após a imobilização. (STOYTICHEVA et al., 2011). De maneira

geral os suportes que tem características de porosidade tem vantagens por conter uma área superficial maior onde a lipase pode ser adsorvida tanto na parte externa quando interna dos poros (OZTURK, 2001).

Os polímeros naturais como os sintéticos são muito utilizados em processos de imobilizações, os polímeros naturais apresentam características de serem de baixo custos e degradáveis na natureza, enquanto os polímeros sintéticos são versáteis e apresentam características de variedades em suas formas físicas como também na estrutura química apresentando-se como um suporte ideal (DALLA-VECCHIA; NASCIMENTO, 2004).

3.2 Lipases

Entre as enzimas de interesse industrial, lipases desfrutam de uma posição privilegiada e destacam-se por sua importância, devido ao grande número de reações que são catalisadas por elas em sistemas orgânicos, com elevada estabilidade, e baixo custo comercial (MENESES et al., 2017; RODRIGUES et al., 2019).

As lipases (triacilglicerol acil-hidrolases, EC 3.1.1.3) são enzimas ubíquas, que catalisam a quebra de diversas moléculas tais como moléculas de acil glicerol de maneira aleatória, e assim produzindo intermediários como ácidos graxos livres, glicerol, monoacilgliceróis e diacilgliceróis (POHANKA, 2019).

As lipases possuem uma propriedade estrutural particular que é presença de uma “tampa” ou “borda”, que pode mudar a sua conformação de maneira a controlar o acesso das moléculas de substrato ao sítio ativo da enzima.

Conhecendo essas características a imobilização é essencial a sua aplicação, sendo assim o método a ser escolhido deve ser avaliado, para determinar qual o melhor a ser aplicado e adaptado ao processo, levando em consideração custo e tempo, para viabilizar o método, pois estes parâmetros influenciam diretamente no processo, bem como no custo do produto final (FERNANDES, et al., 2010).

4 | LIPASES IMOBILIZADAS

Para utilização das lipases se faz necessário a imobilização, para serem aplicadas, contudo, é importante conhecer os métodos de imobilização para melhorar as propriedades das lipases, conhecendo vantagens, desvantagens e custos de cada processo (RODRIGUES et al., 2019).

4.1 Imobilização por adsorção física

A adsorção física é considerado o método mais simples de imobilização, pois se trata uma mistura com condições apropriadas envolvendo o suporte insolúvel em uma determinada solução enzimática, ao qual é realizado posteriormente uma separação do derivado. Esse processo ocorre devido as interações dos grupos superficiais da enzima com os grupos superficiais do suporte através de atrações eletrostáticas e interações não-

covalentes estão envolvidos nesse processo de imobilização: interações eletrostáticas, interações hidrofóbicas, força de Van der Waals, interações iônicas, adsorção física (ZHAO et al., 2015). Comparando a imobilização por adsorção física com as demais técnicas, a adsorção é vantajosa por seguintes aspectos: custo baixo dos materiais e procedimento, condições de fáceis operações, fácil regeneração para a reciclagem, recuperação de elevada atividade da lipase e nenhuma necessidade de utilização de aditivos químicos no processo de imobilização. (ZHAO et al., 2013)

Foi relatado por Wu (2007), que a estabilidade e atividade da lipases imobilizadas, podem ser melhoradas por tratamento com uso de solventes polares, que auxilia na ativação dos sítios da enzima. Outros parâmetros no processo de imobilização como, pH e força iônica do meio e a relação entre concentração da enzima e o suporte também são importantes na eficiência da imobilização. A influência da força iônica pode afetar diretamente a capacidade de ocorrer uma adsorção eficiente, como também o pH do tampão é igualmente importante uma vez que as interações iônicas são cruciais para a imobilização. De maneira geral a adsorção máxima é observada a valores de pH perto do ponto isoelétrico da enzima. No processo de imobilização a interação eletrostática e hidrofóbica é a força motriz que direciona a imobilização (ZHAO et al., 2015)

4.2 Imobilização por ligação iônica

Ocorre no processo de imobilização por ligação iônica a ligação feita através de ligação de sal, onde o suporte possui grupos funcionais ionizáveis que interagem especificamente com os grupos funcionais da enzima. Também nesse processo podem ocorrer interações por adsorção, porém prevalecem as iônicas por serem mais fortes e ligações químicas (FERNANDES, et al., 2010).

Nesse processo os suportes iônicos são carregados negativamente (suportes catiônicos) ou positivamente (suportes aniônicos) e a eficiência da imobilização por ligação iônica pode ser analisada de acordo com as condições de operação do processo, como propriedade tamponantes do meio que devem ser compatíveis com o suporte ao qual deverá favorecer a substituição dos seus íons pelos grupos ionizados da enzima (ZHAO et al., 2015).

Assim para que ocorra a imobilização via ligação iônica, é necessário que ocorra o controle principalmente do pH e da força iônica do meio onde a preparação será realizada. Já como desvantagem, esse método faz com que a ligação iônica promova pequenas alterações na conformação e o local ativo da lipase, retendo a atividade da lipase na maioria dos casos. (ZHAO et al., 2015). Contudo, dentre as vantagens de se aplicar esse método, está na sua reutilização, simplicidade do processo e diminuição na lixiviação. Porém alguns estudos já demonstraram que diferentes níveis de estabilização podem ser efetivos utilizando diferentes métodos de imobilização (RUEDA et al., 2016).

4.3 Imobilização por ligação covalente

A ligação covalente refere-se ao processo de imobilizar enzimas através da reação química entre os resíduos de aminoácidos ativos fora do sítio catalítico e de ligação ativo da enzima para com os grupos ativos da transportadora (STOYTICHEVA et al., 2011).

A imobilização enzimática pelo método de ligação covalente é um dos métodos mais utilizados e estudados (MOHAMAD et al., 2015a). Assim a força que ocorre pela imobilização por ligação covalente é a mais estável dentre todas as interações possíveis nos processos de imobilização. Ocasionalmente melhorias na estabilidade da enzima, ao qual dentre suas vantagens estão que a metodologia de imobilização por ligação covalente evita o fenômeno de dessorção, que não é desejado nesse processo, além de favorecer o aumento da vida útil e da estabilidade térmica da enzima, ocorrendo a diminuição da velocidade de desativação espontânea enzimática (PEREZ et al., 2007).

Além disso, esse procedimento favorece a rigidez na estrutura da enzima, o que consequentemente limita o seu movimento quando submetida às altas temperaturas ou mudanças de pH (ZHAO et al., 2015). Entretanto as condições de pré-paração para imobilização covalente é rigoroso com o uso de alguns e a enzima pode perder a sua atividade durante o processo de imobilização, assim pode ocorrer uma facilidade de alteração na estrutura terciária nativa da enzima, assim causando subsequente redução da atividade catalítica enzimática. Ocorre nesse processo as condições mais drásticas e o maior número de etapas de reação, levando a mais tempo para a sua realização, são inconvenientes deste método de imobilização, portanto, o custo dessa imobilização é alta (ZHANG et al., 2012).

4.4 Imobilização por aprisionamento (encapsulação)

A imobilização por aprisionamento está relacionada à captura de enzimas dentro de uma rede polimérica ou microcápsulas de polímeros que permite que o substrato e os produtos a passar através dela, a enzima fica livre no meio reacional, mas restrita a um espaço físico (ZHANG et al., 2012).

Contudo, após o aprisionamento das enzimas, a lipase não ficam ligadas na matriz polimérica ou cápsula, mas a sua difusão é limitada. Comparando com as lipases fisicamente adsorvidas, as lipases imobilizadas via encapsulação são mais estáveis devido a não correr interações físicas ou ligações químicas estabelecidas entre a enzima e o suporte. Com isso a disponibilização de grande área superficial para o contato entre o substrato e a enzima no interior de um volume relativamente pequeno, aumenta a atividade catalítica da enzima (MENDES et al., 2011).

Também pode ocorrer possibilidade de imobilização simultânea de diferentes enzimas em uma única etapa, sendo assim uma grande vantagem oferecida pela utilização deste método de imobilização (VILLENEUVE et al., 2000). Esse processo é considerado simples

e a atividade da lipase é mantida. Porém, a desvantagem está em que a lipase imobilizada mostram em um aprisionamento relativamente diminuindo a sua estabilidade. Em produção de biodiesel a taxa de conversão é baixa, devido a proteínas que contêm elevadas massas molares são impedidas de penetrar no interior de uma cápsula, porém os substratos e produtos de menor massa molar pode passar livremente pela membrana semipermeável. Como resultado somente substrato de baixa massa molar podem ser empregados com este tipo de enzima imobilizada, e esta é uma das principais desvantagens deste tipo de imobilização (ZHANG et al., 2012).

4.5 Imobilização por reticulação

O processo de imobilização por reticulação refere-se ao processo para imobilizar a enzima utilizando formação de ligações cruzadas intermoleculares. Essa ocorre através da adição reagentes de reticulação multifuncionais, tais como o glutaraldeído (OZTURK BANU, 2001).

De maneira geral esta técnica de imobilização ocorre de maneira livre, sem o apoio, envolve unir enzimas uns aos outros para formar uma estrutura tridimensional. Assim apenas as lipases podem ser imobilizadas diretamente do seu caldo fermentativo e recuperados como reticulados agregados de enzimas (GUPTA et al., 2009).

Com todas as vantagens, do processo de ligação cruzada, essas reações são geralmente realizadas em condições relativamente severas, fazendo uso de reagentes de ligação cruzada que podem alterar a conformação de lipases e potencialmente ocasionar a significativa perda de escala de atividade. Outras desvantagens desse processo são os baixos rendimentos de imobilização, como também a ausência de propriedades mecânicas desejáveis. Com finalidade de minimizar estes dois problemas, a reticulação deve ser sempre combinada com outras técnicas de imobilização, tendo como exemplo a adsorção física (ZHAO et al., 2015).

5 | APLICAÇÕES DAS ENZIMAS IMOBILIZADAS

A reação natural das lipases é catalisar a hidrólise de ligações éster o que permite que estas enzimas sejam utilizadas em diversas reações. E quando essas enzimas encontram-se imobilizadas em suportes, as suas características tornam vantajosas, pois são mais promissoras na aplicação industrial em relação às enzimas solúveis (FERNANDES et al., 2006).

Assim as lipases têm se destacado em aplicações nas indústrias de enzimas imobilizadas ao qual está a produção de xarope de glicose e frutose utilizando o amido de milho, a produção de ácido 6-amino penicilínico, penicilina semi sintética com o uso da enzima penicilina-G ou L-acilase, produção de acrilamida em que empregando células imobilizadas na produção de aspartame com a termolisina imobilizadas. Também ocorre a utilização de enzimas imobilizadas para a produção de vários L-aminoácidos (como a

L-alanina, L-isoleucina, L-metionina, L-fenilalanina, L-triptofano e L-valina), usados com finalidade de aumentar o valor nutricional de alimentos industrializados e para hidrólise da lactose presente no soro do queijo (ZHANG et al., 2012).

Atualmente a economia, estima que a produção e venda de lipase é de cerca de 10% de todas as enzimas comercializadas (GUERRAND, 2017). Na aplicação na indústria de produtos alimentares, bebidas e alimentos para animais é o mais típico para lipase ao qual representa cerca de 55% de lipase comercializados. Já na utilização de fabricação de produtos de limpeza é de cerca de 25% do mercado de lipase e a produção de biocombustíveis é de 10%. Na aplicação em biotecnologia moderna, as lipases microbianas prevalece como o tipo mais comercializado de lipase. Estima-se que 90% das lipases vendido têm uma origem microbiana (POHANKA, 2019).

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os processos de imobilização enzimática vêm se destacando dentre as pesquisas que buscam utilização de biocatalisadores para aplicações em indústrias alimentícias e farmacêuticas. Conforme observado nessa revisão de literatura, vários métodos são utilizados como meio de fixar a enzima em um suporte, assim com objetivos de reduzir custos e promover maior utilização das enzimas e suas atividades. Diversos trabalhos abordam o grande Interesse por imobilização de enzimas e a lipase, isso devido aos custos e sua aplicabilidade, sendo favorecida a utilização em escala industrial em que os métodos de imobilização podem ser aplicados conforme suas vantagens e desvantagens ao processo. Diante disso a importância de abordar e revisar a imobilização da enzima lipase.

REFERÊNCIAS

ANTONY, N.; MOHANAN, P. V. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology Template synthesized polypyrroles as a carrier for diastase alpha amylase immobilization. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 19, p. 101164, 2019.

CASTRO, A. M. C. et al. **Redução enzimática do 4-(dimetilamino)benzaldeído com pedaços de cenoura (daucus carota): um experimento simples na compreensão da biocatálise.** *Química Nova*, v. 37, n. 4, p. 699–708, 2014.

DALLAS-VECCHIA, R.; Nascimento, M. G.; Soldi, V. **Aplicação sintéticas de lipases mobilizadas em polímeros.** *Química Nova*, v.27, p. 623-630, 2004

FERNANDES, K. F.; LIMA, C. S.; LOPES, F. M. **Técnicas de Imobilização de Enzimas.** *Revista Processos Químicos*, v. 4 (7), p. 53–58, 2010.

GUERRAND, D. **Lipases industrial applications: focus on food and agroindustries.** *TWB Toulouse White Biotechnology*, v. 24, n. 4, 2017.

GUPTA, P. et al. **Bioresource Technology Characterization of cross-linked immobilized lipase from thermophilic mould *Thermomyces lanuginosa* using glutaraldehyde.** Bioresource Technology, v. 100, n. 18, p. 4074–4076, 2009.

JEGANNATHAN, K. R.; ABANG, S. **Production of Biodiesel Using Immobilized Lipase — A Critical Review** Eng Seng Chan and Pogaku Ravindra. p. 253–264, 2008.

LAGE, F. A. P. et al. **Enzyme and Microbial Technology Preparation of a biocatalyst via physical adsorption of lipase from *Thermomyces lanuginosus* on hydrophobic support to catalyze biolubricant synthesis by esterification reaction in a solvent-free system.** Enzyme and Microbial Technology, v. 84, p. 56–67, 2016.

MENDES, A. A. et al. **Journal of Molecular Catalysis B : Enzymatic Immobilization and stabilization of microbial lipases by multipoint covalent attachment on aldehyde-resin affinity : Application of the biocatalysts in biodiesel synthesis.** Journal of Molecular Catalysis. B, Enzymatic, v. 68, n. 1, p. 109–115, 2011.

MENESES, A. C. DE et al. **Trends in Food Science & Technology A review on enzymatic synthesis of aromatic esters used as flavor ingredients for food , cosmetics and pharmaceuticals industries.** Trends in food science & technology, v. 69, 2017.

MOHAMAD, N. et al. **Simple Adsorption of *Candida rugosa* Lipase onto Multi-walled Carbon Nanotubes for Sustainable Production of the Flavor Ester Geranyl Propionate.** Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2015.

Nektaria. M, et al. **Immobilized enzyme reactors in liquid chromatography: on-line bioreactors for use in synthesis and drug discovery.** Bioanalytical separations, v. 4, n. 1, p. 233–234, 2003.

OLIVEIRA, U. M. F. DE et al. **Efficient biotechnological synthesis of flavor esters using a low-cost biocatalyst with immobilized *Rhizomucor miehei* lipase.** Molecular Biology Reports, 2018.

OMORI, ÁLVARO TAKEO, V. B. P. E C. DE S. DE O. **Revisão.** Química Nova, v. 35, n. 2, p. 435–437, 2012.

OZTURK BANU. **Immobilization of Lipase from *Candida rugosa* on Hydrophobic and Hydrophilic Supports.** izmir Institute of Technology, 2001.

PEREZ, V. H. et al. **Influence of the functional activating agent on the biochemical and kinetic properties of *Candida rugosa* lipase immobilized on chemically modified cellulignin.** Biochemical Engineering Journal, v. 34, p. 13–19, 2007.

POHANKA, M. **Biosensors and Bioassays Based on Lipases, Principles and Applications.** Review. Molecules, v. 24 (3), 2019.

RODRIGUES, R. C. et al. **Immobilization of lipases on hydrophobic supports : immobilization mechanism , advantages , problems , and solutions.** Biotechnology Advances. Biotechnol Advances, v. 37 (5), p. 0–1, 2019.

RUEDA, N. et al. **Chemical Modification in the Design of Immobilized Enzyme Biocatalysts Drawbacks and Opportunities.** Biotechnology Advances, p. 1436–1455, 2016.

SCHMID A et al. **Industrial biocatalysis today and tomorrow**. Nature, v. 409, n. January, p. 258–268, 2001.

STOYTCHIEVA, M. et al. **The Immobilized Lipases in Biodiesel Production**. Intechop, 2011.

SUN, H. et al. **Biocatalysis for the synthesis of pharmaceuticals and pharmaceutical intermediates**. Bioorganic & Medicinal Chemistry, v. 26, n. 7, p. 1275–1284, 2018.

VILLENEUVE, P. et al. **Customizing lipases for biocatalysis : a survey of chemical , physical and molecular biological approaches**. Journal of Molecular Catalysis B Enzymatic, v. 9 (4-6), p. 113-148, 2000.

WU, J. C. et al. **Enhanced activity and stability of immobilized lipases by treatment with polar solvents prior to lyophilization**. Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 45, p. 108–112, 2007.

ZHANG, B.; WENG, Y.; XU, H. **Enzyme immobilization for biodiesel production**. Applied Microbiol Biotechnol, p. 61–70, 2012.

ZHAO, X. et al. **Kinetics of lipase recovery from the aqueous phase of biodiesel production by macroporous resin adsorption and reuse of the adsorbed lipase for biodiesel preparation**. Enzyme and Microbial Technology, v. 52, n. 4–5, p. 226–233, 2013.

ZHAO, X. et al. **Lipase-catalyzed process for biodiesel production : Enzyme immobilization, process simulation and optimization**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 44, p. 182–197, 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

SÍMBOLOS

2.1.3.2.1. Enfoque estrutural de Porter (1980) 76

A

Agenda ambiental 130, 131

Agroecologia 149, 150, 152, 153, 154, 157, 158, 164, 167, 168

B

Biomassas 238, 239, 241, 245, 246, 247, 249, 250, 251, 252

Bioprospecção 120, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 129

Bioquerosene de aviação 238, 239, 240, 241, 243, 250

C

Contabilidade ambiental 37, 39, 41, 43, 45, 53, 54, 55

D

Dengue 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284

E

Ensino de tomografia 199

Estéril 107, 109, 110, 111

F

Ferramenta online 277

Fibras de sisal 95, 97, 98, 100, 101, 102, 103, 105, 106

Fluidodinâmico 183, 195

Fotobiomodulação 218

Funções executivas 256, 257, 258, 261, 262, 264, 265, 266, 267, 270, 272, 273, 274, 275, 276

G

Georrefenciamento 277

Gestión tecnológica 69, 73, 74, 75, 84, 87

I

Imobilização de lipases 138

Inovação tecnológica 21, 23, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 335

Inteligência artificial 2

M

Martin Heidegger 7, 16, 19, 20

O

OpenCL 170, 171, 172, 174, 175, 176, 182

P

Pasta geopolimérica 95, 103

Plantas alimentícias não convencionais 149, 150, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 163, 164, 168, 169

R

Recursos hídricos 112, 113

Rejeitos 107, 108, 109, 110, 111, 247

S

Segurança pública 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36

Separadores trifásicos 186, 187

Softwares 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 210, 211, 212, 214, 215, 217, 290, 292

T

Tomografia computadorizada 199, 200, 204, 212, 215, 220

Transformação digital 1, 3, 4

U

Uso abusivo de álcool 256, 260, 269

V

Valor agregado 30, 37, 38, 53, 54, 74

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO:

A Nova Produção do Conhecimento

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO:

A Nova Produção do Conhecimento

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 