

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, INTERDISCIPLINARIDADE E CIÊNCIAS AMBIENTAIS 2

**Kristian Andrade Paz de la Torre
(Organizador)**



DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, INTERDISCIPLINARIDADE E CIÊNCIAS AMBIENTAIS 2

**Kristian Andrade Paz de la Torre
(Organizador)**



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. Lilian 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

Desenvolvimento sustentável, interdisciplinaridade e ciências ambientais 2

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: Kristian Andrade Paz de la Torre

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento sustentável, interdisciplinaridade e ciências ambientais 2 / Organizador Kristian Andrade Paz de la Torre. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-969-1

DOI 10.22533/at.ed.691211304

1. Ciências ambientais. 2. Sustentabilidade. I. Torre, Kristian Andrade Paz de la (Organizador). II. Título.

CDD 363.7

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 “Desenvolvimento sustentável, interdisciplinaridade e ciências ambientais” é uma obra que tem, como foco principal, a discussão científica, por meio dos diversos trabalhos que compõem seus capítulos. O volume 2, focado em tecnologias de melhoria ambiental, abordará, de forma categorizada e multidisciplinar, trabalhos, pesquisas, relatos de casos e revisões que apresentam técnicas de intervenção que resultam em melhorias ambientais.

O objetivo central foi apresentar, de forma organizada e clara, estudos realizados em diversas instituições de ensino e pesquisa. Em todos esses trabalhos, o fio condutor foi o aspecto relacionado ao desenvolvimento sustentável, em suas dimensões social, econômica e, com maior destaque, ambiental; na qual englobaram-se as esferas do solo, água, ar, seres vivos e transmissão dos conhecimentos associados a tais assuntos. Com isso, configura-se uma discussão de enorme relevância, dado que os desequilíbrios ambientais têm sido um problema há muitos anos, o que demanda ações adequadas para a correta compreensão das questões ambientais.

Assuntos diversos e interessantes são, dessa forma, abordados aqui, com o intuito de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, professores e demais pessoas que, de alguma forma, interessam-se pelo desenvolvimento sustentável. É válido ressaltar, ainda, que possuir um material que agrupe dados sobre tantas faces desse conceito é muito importante, por constituir uma completa descrição de um tema tão atual e de interesse direto da sociedade.

Desse modo, a obra apresenta uma teoria bem fundamentada nos resultados práticos obtidos pelos diversos autores, que arduamente elaboraram seus trabalhos e aqui os apresentam de maneira concisa e didática. Sabe-se o quão importante é a divulgação científica e, por isso, evidencia-se aqui também a estrutura da Atena Editora, capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para que esses pesquisadores exponham e divulguem seus resultados.

Kristian Andrade Paz de la Torre

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

TRATAMENTO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS DE DIFERENTES ORIGENS PELO PROCESSO DE COMPOSTAGEM EM LARGA ESCALA

Fulvio Cavalheri Parajara

Luiz Mauro Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.6912113041

CAPÍTULO 2..... 14

SUSTENTABILIDADE NO DESCARTE DE MEDICAMENTOS E RESÍDUOS FARMACÊUTICOS

Sabina Maria da Silva Batista

Daniel Gustavo Luiz Felício

Francisco Angelim de Sousa

Jales Cavalcante de Freitas

DOI 10.22533/at.ed.6912113042

CAPÍTULO 3..... 18

CROMATOGRAFIA CONFIRMA VIABILIDADE ECONÔMICA DA EXPLORAÇÃO DE BIOGAS GERADAS NO ATERRO SANITÁRIO DE PALMAS TO

João Evangelista Marques Soares

Marcel Sousa Marques

Marcelo Mendes Pedroza

Aurélio Pêssoa Picanço

Antonio Adeluzio Gomes de Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.6912113043

CAPÍTULO 4..... 25

GERAÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DA LIBERAÇÃO DE GASES DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL

Bruno Martins Ferreira

Cesar Tatari

Felipe Batista Amaral

Gustavo Gonçalves Evangelista

DOI 10.22533/at.ed.6912113044

CAPÍTULO 5..... 35

SEMENTES DE AÇÁI: ALTERNATIVA PARA REDUÇÃO DOS IMPACTOS PRODUZIDOS PELA UTILIZAÇÃO DE LENHAS EM PIZZARIAS

Celso Boulhosa Mendes Neto

Leon Gabriel Brasil Costa

Rebeca Izabela Fernandes Noronha

Stefany Monteiro Lucena

DOI 10.22533/at.ed.6912113045

CAPÍTULO 6..... 44

AValiação DA EFICIÊNCIA DE ADSORÇÃO DE FÓSFORO EM SOLUÇÃO POR

RESÍDUOS SÓLIDOS DE DIFERENTES PROCEDÊNCIAS

Amanda Silva Nunes

Ricardo Nagamine Costanzi

DOI 10.22533/at.ed.6912113046

CAPÍTULO 7..... 52

CHEMICAL COMPOSITION OF WASTES FROM OLIVE OIL INDUSTRY AND ITS UTILIZATION IN ANIMAL FEEDING

Carolina Oreques de Oliveira

Fernanda Medeiros Gonçalves

Denise Calisto Bongalharo

Júlia Nobre Parada Castro

Leonel dos Santos Guido

DOI 10.22533/at.ed.6912113047

CAPÍTULO 8..... 62

APLICAÇÃO DE FUNGOS NA BIORREMEDIAÇÃO DE RESÍDUOS LÁCTICOS: UMA MINI REVISÃO

Nayara Lizandra Leal Cardoso

Felipe Ferreira Silva

Júlia Antunes Tavares Ribeiro

Raquel Valinhas e Valinhas

Wanderson Duarte Penido

Anna Kelly Moura Silva

Daniel Bonoto Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.6912113048

CAPÍTULO 9..... 72

FORRO MODULAR TERMOACÚSTICO CONFECCIONADO A PARTIR DE PAPEL KRAFT RECICLADO E FIBRA DE MADEIRA DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Beatriz Silva de Oliveira

Ricardo Ramos da Rocha

DOI 10.22533/at.ed.6912113049

CAPÍTULO 10..... 89

TÉCNICAS PARA EVITAR A DERIVA E VOLATILIZAÇÃO DE HERBICIDAS

Dilma Francisca de Paula

Kassio Ferreira Mendes

Maura Gabriela da Silva Brochado

Ana Flávia Souza Laube

Levi Andres Bonilla Rave

DOI 10.22533/at.ed.69121130410

CAPÍTULO 11..... 117

EFEITOS DOS INSETICIDAS METOMIL E CIPERMETRINA SOBRE O SISTEMA REPRODUTOR E A AÇÃO PROTETORA DA MELATONINA

Ketsia Sabrina do Nascimento Marinho

Ismaela Maria Ferreira de Melo

Valéria Wanderley Teixeira
Álvaro Aguiar Coelho Teixeira
Katharine Raquel Pereira dos Santos
Cristiano Aparecido Chagas
Ilka Dayane Duarte de Sousa Coelho
Clovis José Cavalcanti Lapa Neto
Laís Caroline da Silva Santos

DOI 10.22533/at.ed.69121130411

CAPÍTULO 12..... 129

APLICAÇÃO DA MADEIRA DE CULTURAS FLORESTAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Fernando Nunes Cavalheiro
Giovani Richard Pitilin
Lara Victoria Meotti de Souza
Gustavo Savaris
Reinaldo Aparecido Bariccatti

DOI 10.22533/at.ed.69121130412

CAPÍTULO 13..... 135

PLANTAS MEDICINAIS DO SEMIÁRIDO SERGIPANO: USOS E INDICAÇÕES

Heloísa Thaís Rodrigues de Souza
Douglas Vieira Gois
Wandison Silva Araújo

DOI 10.22533/at.ed.69121130413

CAPÍTULO 14..... 148

SEMENTES DA AGROBIODIVERSIDADE: REGISTRO DAS VARIEDADES LOCAIS CULTIVADAS PELOS AGRICULTORES FAMILIARES DA COSTA DO PESQUEIRO, MANACAPURU/AM

Suzy Cristina Pedroza da Silva
Cloves Farias Pereira
Jozane Lima Santiago
Henrique dos Santos Pereira
Therézinha de Jesus Pinto Fraxe
Ademar Roberto Martins de Vasconcelos
Selton Machado Silva
Márcia Cristina Rodrigues Silva
Gislany Mendonça de Sena
Ane Karoline Rosas Brito
Nayara Mariana da Silva Machado
Janderlin Patrick Rodrigues Carneiro

DOI 10.22533/at.ed.69121130414

CAPÍTULO 15..... 160

ESPÉCIES NATIVAS DA MATA ATLÂNTICA PARA RESTAURAÇÃO AMBIENTAL, CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE E DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL (BAHIA, BRASIL)

Wilma Santos Silva

Maria Dolores Ribeiro Orge
José Antonio da Silva Dantas
Mara Rojane Barros de Matos
Ludmilla de Santana Luz

DOI 10.22533/at.ed.69121130415

CAPÍTULO 16..... 177

AQUICULTURA COMO ALTERNATIVA PARA A SUSTENTABILIDADE DAS LAGOSTAS PALINURIDAE LATREILLE, 1802, NO BRASIL: REVISÃO E CONSIDERAÇÕES

André Prata Santiago
Janaína de Araújo Sousa Santiago
Luiz Gonzaga Alves dos Santos Filho
George Satander Sá Freire

DOI 10.22533/at.ed.69121130416

CAPÍTULO 17..... 204

AQUAPONICS BY (NUTRIENT FILM TECHNIQUE) NFT AS A PROFITABLE OPTION FOR THE CULTIVATION OF TILAPIA *Oreochromis niloticus* AND SWEET CUCUMBER *Solanum muricatum*

Lucy Goretti Huallpa Quispe
Isabel del Carmen Espinoza Reynoso
Mario Román Flores Roque
Lucilda Stefani Herrera Maquera
Brígida Dionicia Huallpa Quispe
Alfredo Maquera Maquera
Giovanna Verónica Guevara Cancho
Walter Merma Cruz

DOI 10.22533/at.ed.69121130417

CAPÍTULO 18..... 218

RESULTADOS PARCIAIS E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DE UMA PESQUISA SOBRE O PLANO DE LOGÍSTICA SUSTENTÁVEL E SOBRE APLICATIVO DE GESTÃO AMBIENTAL – SUA UTILIZAÇÃO NO TRIBUNAL REGIONAL DO TRABALHO DE ALAGOAS

Emanoel Ferdinando da Rocha Junior
Cicera Maria Alencar do Nascimento
Adriana dos Santos Franco
Thiago José Matos Rocha
Adriane Borges Cabral

DOI 10.22533/at.ed.69121130418

CAPÍTULO 19..... 229

OBSTRUÇÃO POR CORPO ESTRANHO EM INGLÚVIO DE CALOPSITA (*Nymphicus hollandicus*) – RELATO DE CASO

Diogo Joffily
Giovanna Medeiros Guimarães
Jéssica Rodrigues Assis de Oliveira
Tábata Torres Megda

Bianca Moreira de Souza

DOI 10.22533/at.ed.69121130419

SOBRE O ORGANIZADOR.....	241
ÍNDICE REMISSIVO.....	242

CAPÍTULO 8

APLICAÇÃO DE FUNGOS NA BIORREMEDIAÇÃO DE RESÍDUOS LÁCTICOS: UMA MINI REVISÃO

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 08/03/2021

Nayara Lizandra Leal Cardoso

Universidade Federal de São João del-Rei
Divinópolis – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/0007581766721932>

Felipe Ferreira Silva

Universidade Federal de São João del-Rei
Divinópolis – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/3251752473861888>

Júlia Antunes Tavares Ribeiro

Universidade Federal de São João del-Rei
Divinópolis – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/5667044144537842>

Raquel Valinhas e Valinhas

Universidade Federal de São João del-Rei
Divinópolis – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/2779078542237854>

Wanderson Duarte Penido

Universidade Federal de São João del-Rei
Divinópolis – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/7566298571330064>

Anna Kelly Moura Silva

Universidade Federal de São João del-Rei
Divinópolis – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/3417948400743127>

Daniel Bonoto Gonçalves

Universidade Federal de São João del-Rei
Divinópolis – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/9626156925715316>

RESUMO: Ultimamente, uma das maiores dificuldades enfrentadas pelo homem são os danos causados ao meio ambiente. Os níveis de poluição têm atingido valores preocupantes. Das formas de poluição, o descarte de resíduos, principalmente a nível industrial, tem afetado de forma rigorosa o meio ambiente, impulsionando a busca por tecnologias que mitiguem ao máximo o dano causado pelo descarte de resíduos. A utilização de organismos vivos para degradação dos compostos residuais tóxicos surgiu como ferramenta inovadora para o tratamento destes resíduos, em um processo chamado de biorremediação. Na indústria de laticínios, onde uma grande diversidade de resíduos orgânicos e inorgânicos é descartada diariamente, este processo tem atraído cada vez mais atenção. Fungos são organismos extremamente atrativos para o processo de biorremediação por serem capazes de secretar uma gama de compostos e de se adaptar às mais diversas condições físico-químicas e ambientais. Neste contexto, o objetivo desta mini revisão é ilustrar o estado da arte de aplicação de leveduras e fungos filamentosos em processos de biorremediação de resíduos lácticos, destacando as principais tecnologias e processos utilizando estes organismos como biorremediadores na indústria de laticínios.

PALAVRAS-CHAVE: Biorremediação; Resíduos lácticos; Leveduras; Fungos filamentosos.

BIOREMEDIATION OF DAIRY WASTEWATER USING FUNGI: A MINI REVIEW

ABSTRACT: Lately, one of the greatest difficulties

faced by humanity is the damage caused to the environment. Pollution levels have reached worrying numbers. Among the forms of pollution, the disposal of wastewater, especially at the industrial level, has severely affected the environment, stimulating the search for technologies that mitigate the damage caused by the disposal of wastewater. The use of living organisms for the degradation of toxic residual compounds has emerged as an innovative tool for the treatment of these residues, in a process called bioremediation. In the dairy industry, where a wide range of organic and inorganic waste is discarded daily, this process has attracted more attention each day. Fungi are extremely attractive organisms for the bioremediation process, because they are able to secrete a wide variety of compounds and adapt to the most diverse physical-chemical and environmental conditions. In this context, the objective of this mini review is to illustrate the state of the art of applying yeasts and filamentous fungi in dairy wastewater on bioremediation processes, highlighting the main technologies using these organisms as bioremediators in the dairy industry.

KEYWORDS: Bioremediation; Dairy wastewater; Yeast; Filamentous fungi.

1 | INTRODUÇÃO

Paralelamente ao desenvolvimento científico e tecnológico alcançado nas últimas décadas, a poluição, de uma forma geral, tem tomado proporções ambientais preocupantes. Dentre as diversas formas de poluição é possível destacar uma grande área que têm crescido exponencialmente: o descarte de resíduos. Principalmente a nível industrial, o descarte de resíduos tem afetado drasticamente o meio ambiente e conseqüentemente estimulado a busca por novas tecnologias que sejam capazes de tratar e remediar o possível dano destes descartes (Pawari & Gawande, 2015; Inyinbor *et al.*, 2018). A biorremediação, que pode ser definida como a aplicação de organismos vivos para degradação de contaminantes, poluentes e agentes nocivos, diminuindo assim suas concentrações a níveis não danosos, é uma das grandes áreas de estudo aplicadas para o tratamento de descartes (Zouboulis *et al.*, 2018; Vishwakarma *et al.*, 2020)

A indústria de laticínios, assim como todas as indústrias que geram resíduos poluentes, precisa lidar de alguma forma para minimizar ou neutralizar completamente os resíduos descartados (Chatterjee *et al.*, 2015). Dentre os principais resíduos descartados pela indústria de laticínios é possível destacar resíduos orgânicos, como proteínas, gorduras, lactose e ácido láctico, e também outros tipos de resíduos químicos, como minerais, detergentes e produtos de limpeza, por exemplo (Tomer *et al.*, 2020). Com esta variedade de resíduos descartados diariamente, é necessário que sejam criadas tecnologias capazes de abranger cada vez mais os diferentes tipos de componentes do descarte, e é aí que os fungos entram como agentes promissores para serem utilizados na biorremediação de resíduos lácticos (Awasti & Anand, 2020).

Fungos, normalmente divididos em duas grandes classes (leveduras e fungos filamentosos), são organismos capazes de produzir uma gama de compostos e se adaptar com imensa facilidade à diversas condições ambientais (Prasad, 2017). A facilidade com

que estes organismos crescem e se adaptam aos mais diferentes tipos de substratos atrela a eles um valor econômico muito grande, apresentando a capacidade de serem utilizados nos mais diversos tipos de resíduos, e isso concede as estes organismos uma grande vantagem na utilização dos mesmos nos processos de biorremediação (Soares *et al.*, 2011; Tomer *et al.*, 2020).

A biorremediação de efluentes por meio do emprego de fungos pode se dar através de três processos: bioissorção, biodegradação e bioacumulação (Jafari *et al.* 2014). Bioissorção é um processo de retenção, remoção ou recuperação de metais pesados presentes em meio líquido, utilizando-se de biomassa (morta/inativa) microbiana (Volesky, 2001). Ela pode ocorrer por meio dos mecanismos de coordenação, complexação, quelação, precipitação, adsorção e troca iônica (Da Silva *et al.*, 2014). A biotransformação é um processo de modificação da estrutura química dos poluentes tóxicos por meio de enzimas produzidas pelos microrganismos. Quando esses poluentes são degradados e se tornam metabólitos inofensivos ou inertes, chamamos esse processo de biodegradação (Helmy *et al.* 2019). Para que isso ocorra, é necessário que o microrganismo consiga assimilar e metabolizar a molécula original e os seus produtos secundários da degradação (Gaylarde *et al.*, 2005). Diferentemente da bioissorção, o processo de bioacumulação utiliza-se de células vivas para remoção de metais pesados em ambientes contaminados, porém com um mecanismo um pouco mais complexo e dependente do metabolismo do microrganismo. Isto porque, após a captação dos íons metálicos pela superfície celular eles são transportados e penetram na membrana celular se conectando a estruturas intracelulares (Hansda *et al.*, 2016). Portanto, é necessário que o microrganismo em questão seja capaz de suportar altas cargas poluidoras e um acúmulo excessivo no interior da célula (Koçberber e Dönmez, 2007).

Assim, o objetivo geral desta mini revisão é ilustrar as principais aplicações de leveduras e fungos filamentos para a biorremediação de resíduos oriundos da indústria de laticínios, destacando a importância e o potencial biotecnológico de aplicação destes organismos como agentes biorremediadores.

2 | BIORREMEDIAÇÃO POR LEVEDURAS

O uso de leveduras em processos biotecnológico tem sido cada vez maior (Johnson e Echavarri-erasun, 2011). Isso se dá pelo fato de que a maioria de suas espécies não apresentam patogenicidade para humanos e animais e possuem uma diversidade de propriedades (Massoud *et al.*, 2019).

Muito se tem relatado a respeito da capacidade de biorremediação de efluentes por leveduras (Porwal *et al.*, 2015; Islam *et al.*, 2018; Gaboardi *et al.*, 2018). Além de possuir boas taxas de crescimento e serem facilmente cultivadas em larga escala, são resilientes, se adaptam a diferentes condições ambientais e suportam altas concentrações de sal

(Arous *et al.*, 2016; Sreedharan e Rao, 2019). Algumas espécies possuem a capacidade de auto-agregação, o que permite uma fácil separação de suas células no efluente após o tratamento (Soares e Soares, 2012).

O crescimento de leveduras em produtos lácteos e suas águas residuais, pode ser explicado devido sua capacidade de assimilar os ácidos lático e cítrico, fermentar a lactose, produzir lipases e proteases extracelulares e suportar alto teor de sal (Borelli *et al.*, 2006). Frequentemente são encontrados em águas residuais de laticínios as leveduras pertencentes aos gêneros *Saccharomyces*, *Candida*, *Cryptococcus* (Madigan *et al.*, 2015; Kasmi *et al.*, 2016).

Estudos realizados por Keffala e colaboradores (2017), avaliaram o potencial de biodegradação de microrganismos isolados do lodo ativado da indústria de laticínios. Experimentos utilizando as leveduras *Candida albicans* e *C. krusei*, e as bactérias *Lactobacillus plantarum* e *L. casei*, mostraram que a cultura mista de bactéria reduziu em 75,8% a demanda química de oxigênio das águas residuais de laticínios enquanto a cultura mista de levedura reduziu em 70,7%. Contudo, o consórcio de leveduras conseguiu uma maior redução do teor de açúcar total, e o consórcio de bactérias uma redução maior do teor de proteínas.

Entretanto, há alguns estudos utilizando leveduras autóctones para tratamento de efluentes de indústrias de laticínios. Recentemente, um estudo realizado por Dunoyer e colaboradores (2020), mostrou que o extrato enzimático bruto da levedura *Yarrowia lipolytica* conseguiu reduzir em 43,32% os níveis da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e em 44,3% a demanda química de oxigênio (DQO) das águas residuais de laticínios. No mesmo estudo, a cepa da *Y. lipolytica* ATCC 9773 se mostrou capaz de reduzir em 82,88% o teor de gordura do mesmo efluente.

Além de estudos utilizando leveduras para tratar os efluentes industriais, a biodegradação permite o emprego destes microrganismos para transformar resíduos em produtos de valor agregado (Johnson, 2013). O soro de leite gerado a partir da produção de queijo, que por muito tempo foi considerado um subproduto de ameaça para o meio ambiente, tem sido usado como matéria prima para transformação de substâncias poluentes em diversos produtos (Ryan e Walsh, 2016). Segundo Koushki e colaboradores (2012), geralmente são encontradas as leveduras do gênero *Kluyveromyces* e *Candida* no soro de queijo.

Diversos estudos relatam o potencial fermentativo do soro de queijo em etanol por meio de leveduras. Como Farkas e colaboradores (2019) que relataram uma eficiência de 87,5% na conversão da lactose em etanol por uma cultura mista de *Saccharomyces cerevisiae* e *K. marxianus*. Em outros estudos, Sampaio e colaboradores (2019) conseguiram uma concentração de 22,2 g.L⁻¹ de etanol utilizando a levedura *K. lactis* na fermentação de soro de queijo. Também, Andrade e colaboradores (2015) relataram eficiência no uso de *Saccharomyces cerevisiae* para produção de etanol com fermentação do soro de leite

adicionado de sacarose.

Resultados relatados por Pendón e colaboradores (2020) demonstraram a capacidade da levedura *K. marxianus* CIDCA 9121 em fermentar a lactose presente no soro em etanol e possuir propriedades probióticas em suas células, permitindo uma interação na produção de proteína de soro de leite, etanol combustível e probióticos do soro de queijo.

Uma cultura de levedura, composta por 99% de *Vanrija albida*, foi utilizada para avaliar a biodegradação em soro ácido sintético, simulando a água residual da fabricação de queijo. Esse processo apresentou uma redução máxima de 93% da demanda química de oxigênio e potencial aplicação da biomassa obtida em suplementos alimentar para animais (Frigon, 2020).

A também levedura alóctones *Meyerozyma guilliermondii*, se mostrou uma boa produtora de lipase ácida usando apenas o soro como fonte de nutrientes, com potencial uso na indústria de alimentos para animais em estudos realizados por Knob e colaboradores (2020).

Essa crescente demanda por insumos em atividade pecuária e agrícola, impulsiona a busca por tecnologias ambientais capazes de proporcionar o desenvolvimento sustentável. Nesse cenário, estudos biotecnológicos e aplicações de biorremediação tem cada vez mais ganhado lugar tanto para controle ambiental quanto para aplicação em produto de valor agregado (López *et al.*, 2020).

3 | BIORREMEDIAÇÃO POR FUNGOS FILAMENTOSOS

Fungos filamentosos, diferentemente das leveduras, são organismos multicelulares que apresentam parede celular e que são capazes de se reproduzirem e se desenvolverem através da formação de micélio, um conjunto de filamentos celulares denominados hifas (FREE, 2013; KAVANAGH, 2018). Por serem organismos conhecidos graças a sua alta capacidade de produção, processamento e secreção de proteínas, além de possuírem uma estrutura celular bem característica, os fungos filamentosos atuam significativamente em diversos processos cotidianos, ambientais e biotecnológicos, como, na produção de alimentos e bebidas, na reciclagem e decomposição de compostos, na indústria farmacêutica, na produção de rações, bem como na indústria têxtil e celulósica, por exemplo (CAMPAGNANI *et al.*, 2017).

Especificamente em processos de biorremediação, por apresentarem grande variedade morfológica e capacidade de adaptação metabólica frente à diversas fontes de energia, os fungos filamentosos são organismos aplicados no tratamento de diferentes classes de efluentes. Tal capacidade de adaptação e flexibilidade confere a estes organismos um alto potencial de biorremediação, permitindo a escolha de diferentes espécies de fungos dependendo do substrato a ser tratado (DESHMUKH *et al.*, 2016). Dentro da diversidade de efluentes tratados com a utilização de fungos filamentosos é possível destacar diversos

compostos, como corantes e resíduos da indústria têxtil, plásticos, pesticidas, petróleo, metais pesados, poluentes orgânicos e resíduos da indústria de laticínios (AKHTAR *et al.*, 2013; BALDRIAN, 2003; DESHMUKH *et al.*, 2016; HAYET & ABDELTIFF, 2013; MENEZES, 2017; JEBAPRIYA & GNANADOSS, 2013; REYA, 2013).

Em relação às indústrias de laticínios, assunto abordado nesta revisão, a forma com que as empresas precisam manipular os resíduos provenientes dos processos de fabricação é um ponto crucial para este tipo de seguimento, pois tais resíduos contêm altos níveis de compostos orgânicos como lipídeos, proteínas e alguns açúcares, sais inorgânicos, bem outros tipos de poluentes, como detergentes e produtos sanitários aplicados no processo (KOLHE *et al.*, 2009; DJELAL & AMRANE, 2013). Devido à sua capacidade de secreção em larga escala bem como a diversidade de classes de proteínas que fungos filamentosos são capazes de produzir, estes organismos são alvos interessantes, porém pouco utilizados, para processamento de resíduos oriundos da produção de laticínios (DJELAL & AMRANE, 2013).

Dentre algumas aplicações, DJELAL & AMRANE, 2013 reportaram a utilização de um conjunto de três espécies de fungos filamentosos para fazer a biorremediação de resíduos de laticínios. As espécies *Aspergillus niger*, *Mucor hiemalis* e *Galactomyces geotrichum* foram utilizadas em três escalas diferentes a fim de mensurar o escalonamento da técnica, numa escala laboratorial (4L), num tamanho piloto (110L) e em escala industrial em uma estação de tratamento de resíduos. Os resultados mostraram eficiência na utilização do conjunto de fungos quando realizado pré-inóculo, aumentando os valores de remoção da Demanda Química de Oxigênio (DQO - parâmetro utilizado para mensurar a quantidade de matéria orgânica, passível de sofrer oxidação por meios químicos, que existam em uma amostra líquida), de 55% para 75% em escala laboratorial e em escala industrial, e além de aumentar os valores de remoção da DQO, a utilização do conjunto de fungos acelerado por pré-inóculo ainda aumentou a degradação de compostos chamados de “não biodegradáveis”, mostrando a capacidade destas espécies de fungos filamentosos bem como o potencial de combinação de diferentes espécies para tratar este tipo de resíduo.

Em outro estudo, Mahboubi *et al.*, 2017 cultivaram *A. oryzae* e *Neurospora intermedia* em resíduos da indústria de laticínios com objetivo de produzir biomassa de valor agregado, como ração para animais e peixes e para consumo humano, além da possibilidade de produzir alguns compostos químicos como etanol e glicerol, a partir destes resíduos. De acordo com os autores, a partir de cada grama de resíduo foi possível obter 0,48g de biomassa e 0,06g de etanol utilizando estes fungos filamentosos como agentes biorremediadores, quantidades relativamente altas para produtos que seriam apenas descartados. Com objetivo de comparar a capacidade de biorremediação destes resíduos, outro estudo realizado por AL-Wasify *et al.*, 2017 utilizou a combinação de cinco espécies de bactérias (*Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, *Lactobacillus delbrueckii*, *Staphylococcus aureus* e *Enterococcus hirae*) e três espécies de fungos

filamentosos (*Alternaria* sp., *Fusarium* sp. e *Aspergillus* sp.) isoladas a partir do próprio resíduo. De forma simples, apesar de uma pequena vantagem na utilização das bactérias para biorremediação, o estudo destacou a vantagem da utilização de ambos organismos. Os valores de remoção de DQO e DBO após filtração do resíduo utilizando o conjunto de bactérias foram de 78.5% e 78.7%, respectivamente, e para o conjunto de fungos filamentosos os valores foram de 77.8% de remoção de DQO e 74.6% de remoção de DBO. Além disso a remoção de sólidos suspensos foi de 99,3% com a utilização de bactérias e 99,0% quando utilizados fungos filamentosos.

Nesse contexto, apesar de apresentarem características interessantes como a capacidade de adaptação a diferentes meios de cultivos e a diversidade metabólica, fungos filamentosos aparecem como uma alternativa promissora, mas pouco aplicada, na biorremediação de resíduos de laticínios.

REFERÊNCIAS

AKHTAR S, MAHMOOD-UL-HASSAN M, AHMAD R, SUTHOR V, YASIN M. Metal tolerance potential of filamentous fungi isolated from soils irrigated with untreated municipal effluent. **Soil Environ.** 32:55–62, 2013.

AL-WASIFY RS, ALI MN AND HAMED, SR. Biodegradation of dairy wastewater using bacterial and fungal local isolates. **Water Science and Technology**, 76(11), 3094–3100. doi:10.2166/wst.2017.481, 2017.

ANDRADE, R. S.; NETO, J. A. A.; LOPES, R. C. S. Q.; . Valorização biotecnológica de soro de leite por fermentação utilizando *Saccharomyces cerevisiae*. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 11, n. 2, 2015.

AROUS, F. *et al.* Potential utilization of agro-industrial wastewaters for lipid production by the oleaginous yeast *Debaryomyces etchellsii*. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p. 899-909, 2016.

AWASTI, N., ANAND, S. The Role of Yeast and Molds in Dairy Industry: An Update. In: Minj J., Sudhakaran V A., Kumari A. (eds) **Dairy Processing: Advanced Research to Applications**. Springer. Singapore. doi.org/10.1007/978-981-15-2608-4_12, 2020.

BALDRIAN, P. (2003). Interactions of heavy metals with white-rot fungi. **Enzyme Microb. Technol.** 32:78-91, 2003.

BORELLI, B. M.; FERREIRA, E. G.; LACERDA, I. C. A.; FRANCO, G. R.; ROSA, C. A. Yeast populations associated with the artisanal cheese produced in the region of Serra da Canastra, Brazil. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 22, p. 1115–1119, 2006.

CAMPAGNANI, M. O. *et al.* Prospection and fungal virulence associated with *Mahanarva spectabilis* (Hemiptera: Cercopidae) in an Amazon silvopastoral system. *Florida Entomologist*, v. 100, n. 2, p. 426-432, 2017.

CHATTERJEE, S., MEHTANI, P., GUPTA, N. *In situ* Bioremediation of Dairy Waste Water—A Novel Approach in Dairy Waste Management. **IISU JOST**. 4. 6-10, 2015.

DA SILVA, J. L. B. C. *et al.* Biossorção de metais pesados: Uma revisão. **Revista Saúde & Ciência Online**, v. 3, n. 3, p. 137-149, 2014.

DESHMUKH, R.; KHARDENAVIS, A. A.; PUROHIT, H. J. Diverse metabolic capacities of fungi for bioremediation. **Indian Journal of Microbiology**, 56(3):247-264, 2016.

DJELAL H, AMRANE A. Biodegradation by bioaugmentation of dairy wastewater by fungal consortium on a bioreactor lab-scale and on a pilot-scale. **Journal of Environmental Sciences**, Elsevier, 25 (9), pp.1906-1912. ff10.1016/S1001-0742(12)60239-3ff, 2013.

DUNOYER, A. T.; CUELLO, R. E. G.; SALINAS, R. P. Biodegradation of dairy wastes using crude enzymatic extract of *Yarrowia lipolytica* ATCC 9773. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 1, 2020.

FARKAS, Csilla *et al.* Batch and Fed-Batch Ethanol Fermentation of Cheese-Whey Powder with Mixed Cultures of Different Yeasts. **Energies**, v. 12, n. 23, p. 4495, 2019.

FREE, S. J. Fungal Cell Wall Organization and Biosynthesis. **Advances in Genetics**, 33–82. doi:10.1016/b978-0-12-407677-8.00002-6, 2013.

FRIGON, M. D. Acid whey treatment and conversion to single cell protein via aerobic yeast activated sludge. **Water Practice and Technology**, 2020.

GABOARDI, G. *et al.* Bioremediation and biomass production from the cultivation of probiotic *Saccharomyces boulardii* in parboiled rice effluent. **Journal of environmental management**, v. 226, p. 180-186, 2018.

GAYLARDE, C. C.; BELLINASSO, M. de L.; MANFIO, G. P. Biorremediação. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 34, p. 36-43, 2005.

HANSDA, A.; KUMAR, V.; ANSHUMALI. A comparative review towards potential of microbial cells for heavy metal removal with emphasis on biosorption and bioaccumulation. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 32, n. 10, p. 170, 2016.

HAYET D, ABDEL TIF A. Biodegradation by bioaugmentation of dairy wastewater by fungal consortium on a bioreactor lab-scale and on a pilot-scale. **Journal of Environmental Sciences**, Elsevier. 25 (9), 2013.

HELMY, Q.; KARDENA, E.; GUSTIANI, S. Probiotics and Bioremediation. **Microorganisms**. Intech Open, 2019.

INYINBOR A. A., ADEBESIN B. O., OLUYORI A. P., ADELANI-AKANDE T. A., DADA A. O., OROFOE T. A. Water Pollution: Effects, Prevention, and Climatic Impact, Water Challenges of an Urbanizing World, **Matjaž Glavan, IntechOpen**, DOI: 10.5772/intechopen.72018, 2018.

ISLAM, M. A. *et al.* Bioremediation of palm oil mill effluent and lipid production by *Lipomyces starkeyi*: a combined approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 1779-1787, 2018.

JAFARI, N.; SOUDI, M. R.; KASRA-KERMANSHAHI, R. Biodegradation perspectives of azo dyes by yeasts. **Microbiology**, v. 83, n. 5, p. 484-497, 2014.

JEBAPRIYA GR, GNANADOSS JJ. Bioremediation of textile dye using white-rot fungi: a review. **Int J Curr Res Rev.** 5:1–13, 2013.

JOHNSON, E. A. Biotechnology of non-Saccharomyces yeasts- the ascomycetes. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.97, p.503-517, 2013.

JOHNSON, E. A.; ECHAVARRI-ERASUN, C. Yeast biotechnology. In: **The yeasts**. Elsevier, p. 21-44, 2011.

KASMI, M. *et al.* Use of thermal coagulation, separation, and fermentation processes for dairy wastewater treatment. **Desalination and water treatment**, v. 57, n. 28, p. 13166-13174, 2016.

KAVANAGH, K. Fungi: Biology and Applications, Third Edition. Edited by Kevin Kavanagh. Published 2018 by John Wiley & Sons, Inc, 2018.

KEFFALA, C. *et al.* Use of bacteria and yeast strains for dairy wastewater treatment. **International Journal of Research in Engineering and Technology**, v. 6, n. 4, p. 108-113, 2017.

KNOB, A. *et al.* A novel lipolytic yeast *Meyerozyma guilliermondii*: Efficient and low-cost production of acid and promising feed lipase using cheese whey. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, p. 101565, 2020.

KOÇBERBER, N.; DÖNMEZ, G. Chromium (VI) bioaccumulation capacities of adapted mixed cultures isolated from industrial saline wastewaters. **Bioresource Technology**, v. 98, n. 11, p. 2178-2183, 2007.

KOLHE AS, INGALE SR and BHOLE RV. Effluents of dairy technology. International Indexed & Refereed Research Journal 5, 459–461, 2009.

KOUSHKI, M.; JAFARI, M.; AZIZI, M. Comparison of ethanol production from cheese whey permeate by two yeast strains. **Journal of food science and technology**, v. 49, n. 5, p. 614-619, 2012.

LÓPEZ, J. A. *et al.* Biotecnología ambiental: desafíos y perspectivas en la aplicación de tecnologías combinadas para mejorar la remediación y la generación. **Revista Peruana de Biología**, v. 27, n. 1, p. 43-48, 2020.

MADIGAN, M. T. *et al.* Brock. **Biología de los microorganismos**. 2015.

MAHBOUBI, A., FERREIRA, J. A., TAHERZADEH, M. J., & LENNARTSSON, P. R. Value-added products from dairy waste using edible fungi. **Waste Management**, 59, 518–525. doi:10.1016/j.wasman.2016.11.017, 2017.

MASSOUD, R. *et al.* Bioremediation of heavy metals in food industry: Application of *Saccharomyces cerevisiae*. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 37, p. 56-60, 2019.

MENEZES, G. S. *et al.* Bioremediation potential of filamentous fungi in methylene blue: Solid and liquid culture media. **Ciência e Agrotecnologia**, 41(5), 526-532, 2017.

PAWARI, M. J, GAWANDE S. Ground water pollution & its consequence. **International journal of engineering research and general science**, 3(4):773-76, 2015.

PENDÓN, M. D. *et al.* A biorefinery concept for the production of fuel ethanol, probiotic yeast and whey protein from a by-product of the cheese industry. **bioRxiv**, 2020.

PORWAL, H. J.; MANE, A. V.; VELHAL, S. G. Biodegradation of dairy effluent by using microbial isolates obtained from activated sludge. **Water Resources and Industry**, v. 9, p. 1-15, 2015.

PRASAD, R. (ed). **Mycoremediation and environmental sustainability**, vol 1. Springer, Cham link. [springer.com/book/10.1007/978-3-319-68957-9s](https://www.springer.com/book/10.1007/978-3-319-68957-9s), 2017.

REYA I, LAKSHMI PRABHA M, RENITTA E. Equilibrium and kinetic studies on biosorption of Cr (VI) using novel *Aspergillus jегita* isolated from tannery effluent. **Res J Chem Environ**. 17:72–78, 2013.

RYAN, M. P.; WALSH, G. The biotechnological potential of whey. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 15, n. 3, p. 479-498, 2016.

SOARES, E. V.; SOARES, H. M.V.M. Bioremediation of industrial effluents containing heavy metals using brewing cells of *Saccharomyces cerevisiae* as a green technology: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 19, n. 4, p. 1066-1083, 2012.

SOARES, I. A., FLORES, A. C., MENDONÇA, M. M., BARCELOS, R. P., & BARONI, S. Fungos na biorremediação de áreas degradadas. **Arquivos do Instituto Biológico**, 78(2), 341-350, 2011.

SREEDHARAN, V.; RAO, K. V. B. Biodegradation of Textile Azo Dyes. In: **Nanoscience and Biotechnology for Environmental Applications**. Springer, Cham, 2019. p. 115-139.

TOMER, A., SIGH, R., SINGH, K., & DWIVEDI, S. Role of Fungi in Bioremediation and Environmental Sustainability. 10.1007/978-3-030-54422-5_8, 2020.

VISHWAKARMA, G. S., BHATTACHARJEE, G., GOHIL, N., & SINGH, V. Current status, challenges and future of bioremediation. **Bioremediation of Pollutants**, 403–415. doi:10.1016/b978-0-12-819025-8.00020-x, 2020.

VOLESKY, B. Detoxification of metal-bearing effluents: biosorption for the next century. **Hydrometallurgy**, v. 59, n. 2-3, p. 203-216, 2001.

ZOUBOULIS, A. I., MOUSSAS, P. A., & PSALTOU, S. G. Groundwater and Soil Pollution: Bioremediation. **Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences**. doi:10.1016/b978-0-12-409548-9.11246-1, 2018.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agricultura familiar 149, 150, 158, 159
Agrotóxicos 111, 114, 115, 117, 118, 119, 120, 123, 124, 125, 126
Alimentação animal 52, 53
Antioxidantes 118, 119, 123, 124
Aquaponia 183
Aqüicultura 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 191, 193, 195, 198, 199, 200
Aterro sanitário de Palmas - TO 18, 21, 22, 23

B

Bagaço de azeitona 53
Biodiversidade 130, 135, 153, 158, 160, 162, 163, 174, 175, 200
Biogás 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24
Biomassa 1, 2, 3, 4, 36, 37, 38, 39, 41, 64, 66, 67
Biorremediação 62, 63, 64, 66, 67, 68, 69, 71

C

Caroços de açaí 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42
Carvão 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 34
Compostagem 10, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Construção civil 44, 72, 73, 74, 85, 86, 129, 130, 132, 133
Contaminação ambiental 89, 91, 92, 95, 100, 101, 106, 108

D

Dados catalogados 218, 220
Descarte 14, 15, 16, 19, 42, 62, 63
Desflorestamento 25

E

Eficiência energética 25, 35, 37, 38, 39
Energias renováveis 18
Enriquecimento ambiental 229, 231, 236, 237, 239, 240
Estratégia agronômica 89

F

Floresta plantada 130, 131
Formulações 89, 99, 100, 101, 108, 109, 110, 115
Forro sustentável 72
Fungos filamentosos 62, 63, 66, 67, 68

G

Gases poluentes 25, 133
Gestão de resíduos 35

I

Ingluviotomia 229, 234, 235, 238, 239, 240

L

Lenha 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43
Leveduras 62, 63, 64, 65, 66

M

Madeira 4, 25, 26, 27, 30, 31, 35, 37, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 81, 83, 85, 86, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 152, 173, 192, 193, 237
Manejo de sementes 149, 150
Maricultura 177, 178, 198, 200
Mata Atlântica 160, 162, 163, 164, 169, 172, 174, 175, 176
Medicamentos 14, 15, 16, 145, 146, 238
Meio suporte 44, 45, 46, 49

O

Óleo residual 53

P

Painel anti-chamas 72
Palinurocultura 177, 178, 198
Plantas medicinais 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 144, 145, 146, 147, 153, 154, 158
Progressos na pesquisa 218
Protocolo anestésico 229, 234

R

Reciclagem 1, 2, 11, 66

Rentabilidade 183

Resíduos 10, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 20, 21, 23, 24, 35, 36, 37, 41, 42, 44, 46, 49, 52, 53, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 72, 73, 86, 101, 109, 125, 129, 131, 132, 133, 183, 218, 226

Resíduos lácticos 62, 63

Resíduos orgânicos 1, 2, 10, 11, 12, 36, 62

Resultados parciais 218, 220, 221, 226

S

Saberes tradicionais 135, 136, 137, 141, 145

Saco de cimento 72

Semiárido 135, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 144, 146

Sistema reprodutor 117, 118, 119, 120, 122

Sustentabilidade 1, 14, 24, 27, 29, 40, 41, 46, 50, 72, 133, 135, 148, 158, 160, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 191, 193, 220, 228

T

Tecnologia de aplicação 89, 100, 101, 102, 110, 111, 112, 113, 114, 116

Tratamento de esgoto 44, 50

V

Variedades locais 148, 149, 150

W

Wetlands construídos 44, 45, 46, 50

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, INTERDISCIPLINARIDADE E CIÊNCIAS AMBIENTAIS 2

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, INTERDISCIPLINARIDADE E CIÊNCIAS AMBIENTAIS 2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br