



Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo  
(Organizadores)

## A Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável 2

**Jorge González Aguilera**

**Alan Mario Zuffo**

(Organizadores)

# A Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Karine de Lima  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª 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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

P933 A preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (A Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-537-2

DOI 10.22533/at.ed.372191408

1. Educação ambiental. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Meio ambiente - Preservação. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario. III. Série.

CDD 363.7

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

Atena  
Editora

Ano 2019

## APRESENTAÇÃO

A obra “A Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável” no seu segundo capítulo aborda uma publicação da Atena Editora, e apresenta, em seus 25 capítulos, trabalhos relacionados com preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável.

Este volume dedicado à preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, traz uma variedade de artigos que mostram a evolução que tem acontecido em diferentes regiões do Brasil ao serem aplicadas diferentes tecnologias que vem sendo aplicadas e implantadas para fazer um melhor uso dos recursos naturais existentes no país, e como isso tem impactado a vários setores produtivos e de pesquisas. São abordados temas relacionados com a produção de conhecimento na área de agronomia, robótica, química do solo, computação, geoprocessamento de dados, educação ambiental, manejo da água, entre outros temas. Estas aplicações e tecnologias visam contribuir no aumento do conhecimento gerado por instituições públicas e privadas no país.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na Preservação do Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera  
Alan Mario Zuffo

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A HORTA ESCOLAR COMO RECURSO DIDÁTICO PARA A REEDUCAÇÃO ALIMENTAR E NUTRICIONAL	
Pâmela Ribeiro Paola Ribeiro Monica Aparecida Aguiar dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3721914081</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
ANÁLISE MICROBIOLÓGICA EM UM LAGO DO PERÍMETRO URBANO DE ALTA FLORESTA, MATO GROSSO, BRASIL	
Raquel Pereira Piva Bruna Morisso Cargnin Andreia Candido Andressa Hilario Dorca Jean Correia de Oliveira Maialu Antunes Cardoso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3721914082</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>19</b>
ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA DA REGIÃO DE VIÇOSA E AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	
Wagner Darlon Dias Correa William Reis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3721914083</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>24</b>
APLICAÇÃO DE MÉTODOS PARA CARACTERIZAÇÃO DE BACIA HIDROGRÁFICA NA TRANSIÇÃO CERRADO-PANTANAL POR SENSORIAMENTO REMOTO	
Keylyane Santos Da Silva Alves Thainá Sanches Becker Lucas Peres Angelini Danielle Christine Nassarden Stenner Pablinne Cynthia Batista da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3721914084</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>34</b>
ASPECTO ALIMENTAR DE <i>RHINELLA PARAGUAYENSIS</i> (ÁVILA, PANSONATO E STRÜSSMANN, 2010) (ANURA: BUFONIDAE), NO PANTANAL MATO-GROSSENSE	
Rosana dos Santos D'Ávila Vancleber Divino Silva Alves Mariany de Fátima Rocha Seba Áurea Regina Alves Ignácio Manoel dos Santos Filho Dionei José da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3721914085</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>41</b>
AVALIAÇÃO DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE CARAÚBAS – RN	
Sabiniano Fernandes Terceiro Cibele Gouveia Costa Chianca Cássio Kaique da Silva Maria Natália Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3721914086</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>52</b>
AVALIAÇÃO DA SERRAGEM DECOMPOSTA NO CULTIVO DE ALFACE	
Jean Correia de Oliveira Marco Antônio Camillo de Carvalho Hudson de Oliveira Rabelo Raquel Pereira Piva Samiele Camargo de Oliveira Domingues Lara Caroline Alves de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3721914087</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>58</b>
CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS REJEITOS DESTINADOS AO ATERRO SANITÁRIO PELO PROGRAMA DE COLETA SELETIVA DO MUNICÍPIO DE IBIPORÃ/PR	
Diógenes Magri da Silva Tiago Dutra Galvão	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3721914088</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>69</b>
CATÁLISE ENZIMÁTICA COMO UMA PLATAFORMA ECOLÓGICA PARA A PRODUÇÃO DE BIOLUBRIFICANTES	
Milson dos Santos Barbosa Luma Mirely Souza Brandão Cintia Cristina da Costa Freire Ranyere Lucena de Souza Ernandes Benedito Pereira Adriano Aguiar Mendes Matheus Mendonça Pereira Álvaro Silva Lima Cleide Mara Faria Soares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3721914089</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>82</b>
COMPARAÇÕES ENTRE OS MOSAICOS DE ÁREAS PROTEGIDAS DO RIO DE JANEIRO: SEMELHANÇAS E DIVERGÊNCIAS A PARTIR DA ANÁLISE DE EFETIVIDADE	
Ana Carolina Marques de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37219140810</b>	

**CAPÍTULO 11 ..... 87**

DESCARTE INADEQUADO DE RSU NA LINHA FÉRREA DO JAPERI, ENTRE AS ESTAÇÕES DE AUSTIN E NOVA IGUAÇU-RJ

Yasmin Rodrigues Gomes  
Lilian Levin Medeiros Ferreira da Gama  
Felipe Sombra dos Santos  
Yasmin Rodrigues Gomes  
Gabriela Dantas da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.37219140811**

**CAPÍTULO 12 ..... 95**

DIAGNÓSTICO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE UMA OFICINA MECÂNICA DE PEQUENO PORTE

Vitória de Lima Brombilla  
Isadora Tagliapietra  
Tariana Lissak Schüller  
Otavio Ficagna  
Aline Ferrão Custódio Pasini  
Yuri Lucian Pilissão

**DOI 10.22533/at.ed.37219140812**

**CAPÍTULO 13 ..... 105**

DIREITO AMBIENTAL CULTURAL E O DEVER CONSTITUCIONAL DO ESTADO EM GARANTIR A EFETIVIDADE NO ACESSO À CULTURA

Solaine Marisa Malikovsky  
Juliana Machado Fraga

**DOI 10.22533/at.ed.37219140813**

**CAPÍTULO 14 ..... 118**

FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY AND CHEMOMETRICS IN THE CHARACTERIZATION OF SOIL ORGANIC MATTER

Marciéli Fabris  
Jéssica Bassetto Carra  
Nathalie Merlin  
Larissa Macedo dos Santos Tonial

**DOI 10.22533/at.ed.37219140814**

**CAPÍTULO 15 ..... 128**

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM UM CONDOMÍNIO VERTICAL EM FORTALEZA / CE

Nathália Gusmão Cabral de Melo  
Flávia Telis de Vilela Araújo  
Ari Holanda Junior  
Oyrton Azevedo de Castro Monteiro Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.37219140815**

**CAPÍTULO 16 ..... 139**

ESTUDO TEÓRICO SOBRE AS POLÍTICAS DE CONSERVAÇÃO E MANEJO DE FAUNA

Marcela Marques Silva  
Jéferson Pereira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.37219140816**

**CAPÍTULO 17 ..... 148**

LEVANTAMENTO DA ENTOMOFAUNA PARA DIAGNÓSTICO AMBIENTAL NA FAZENDA SANKARA, EM CONQUISTA DO OESTE - MT

Eliandra Meurer  
José Gustavo Ramalho Casagrande  
Juliane da Silva Brilhadori

**DOI 10.22533/at.ed.37219140817**

**CAPÍTULO 18 ..... 155**

O ECODESIGN E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: UMA ABORDAGEM SOBRE OS ELETROELETRÔNICOS

Tamires Augustin da Silveira  
Emanuele Caroline Araujo dos Santos  
Carlos Alberto Mendes Moraes

**DOI 10.22533/at.ed.37219140818**

**CAPÍTULO 19 ..... 169**

PERCEPÇÃO SOCIAL ACERCA DO USO DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO OU PRIVADO, DA COMUNIDADE DE CAJUEIRO, MUNICÍPIO DE BRAGANÇA, PA

Bianca Cavalcante da Silva  
Paulo Henrique Batista Dias  
Ronaldo Ramos de Sousa  
Romário da Silva Santos  
Lívia Tálita da Silva Carvalho  
Antonio Michael Pereira Bertino  
Ismael de Jesus Matos Végas  
Danilo da Luz Melo  
Valéria Cristina de Paula Ferreira  
Thiago Feliph Silva Fernandes  
Lucas Ramon Texeira Nunes

**DOI 10.22533/at.ed.37219140819**

**CAPÍTULO 20 ..... 177**

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL VOLTADO À CONSERVAÇÃO DO MICO-LEÃO-PRETO: ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ANGATUBA E SEU ENTORNO

Francini de Oliveira Garcia  
Bárbara Heliodora Soares do Prado

**DOI 10.22533/at.ed.37219140820**

**CAPÍTULO 21 ..... 193**

PROGRAMA DE EXTENSÃO CICLOVIDA DA UFPR, CONSTRUINDO A CULTURA DA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

José Carlos Assunção Belotto  
Leticia Massaro  
Silvana Nakamori  
Ken Flavio Ono Fonseca

**DOI 10.22533/at.ed.37219140821**

**CAPÍTULO 22 ..... 199**

REDUCCIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES E INFRAESTRUCTURAS CRÍTICAS: MUNICIPALIDADES, FACTORES INSTITUCIONALES Y DECISIONES

Patricio Valdivieso

**DOI 10.22533/at.ed.37219140822**

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>224</b>
TIPOLOGIAS DE RESÍDUOS DE SERVIÇO DE SAÚDE GERADOS NO IFC- <i>CAMPUS</i> ARAQUARI	
Anelise Destefani	
Raianni Xavier	
Ana Paula Fonsakka de Braga	
Edvanderson Ramalho dos Santos	
Cristiane Vanessa Tagliari Corrêa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37219140823</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>234</b>
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO ESTADUAIS EM GOIÁS: DIAGNÓSTICO E UMA BREVE ANÁLISE COMPARATIVA	
Paula Ericson Guilherme Tambellini	
Júlio César Sampaio da Silva	
Júlia Corrêa Boock	
Bruno Gonçalves Paulino	
Caio César Neves Sousa	
Erlon Maikel de Gouvêa	
Eric Rezende Kolailat	
Glaucilene Duarte de Carvalho	
Juliano Ferreira Souza	
Maurício Vianna Tambellini	
Marcelo Alves Pacheco	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37219140824</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>246</b>
UTILIZAÇÃO DE FORMIGAS COMO BIOINDICADORES PARA A AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL, EM SANTA CRUZ DO XINGU-MT	
Eduardo Costa Reverte	
Eliandra Meurer	
Ana Carla Martineli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37219140825</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>253</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>254</b>

## CATÁLISE ENZIMÁTICA COMO UMA PLATAFORMA ECOLÓGICA PARA A PRODUÇÃO DE BIOLUBRIFICANTES

### **Milson dos Santos Barbosa**

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos  
Aracaju – Sergipe

### **Luma Mirely Souza Brandão**

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos  
Aracaju – Sergipe

### **Cintia Cristina da Costa Freire**

Universidade Tiradentes, Graduação em Engenharia de Petróleo  
Aracaju – Sergipe

### **Ranyere Lucena de Souza**

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos  
Instituto de Tecnologia e Pesquisa  
Aracaju – Sergipe

### **Ernandes Benedito Pereira**

Universidade Federal de Alfenas  
Faculdade de Ciências Farmacêuticas  
Alfenas – Minas Gerais

### **Adriano Aguiar Mendes**

Universidade Federal de Alfenas  
Instituto de Química  
Alfenas – Minas Gerais

### **Matheus Mendonça Pereira**

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos  
Aracaju – Sergipe

### **Álvaro Silva Lima**

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-

graduação em Engenharia de Processos  
Instituto de Tecnologia e Pesquisa  
Aracaju – Sergipe

### **Cleide Mara Faria Soares**

Universidade Tiradentes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos  
Instituto de Tecnologia e Pesquisa  
Aracaju – Sergipe

**RESUMO:** O esgotamento dos combustíveis fósseis e a crescente preocupação com o impacto negativo dos lubrificantes à base de petróleo no meio ambiente levaram à necessidade de explorar fontes alternativas de lubrificação. Uma excelente alternativa para satisfazer esse interesse é o biolubrificante (lubrificantes biodegradáveis), que pode oferecer vantagens ambientais significativas em relação à capacidade de aproveitamento de recursos, biodegradabilidade e desempenho adequado em uma variedade de aplicações industriais. A síntese de biolubrificantes pode ocorrer por catálise química clássica ou por rota enzimática. A segunda opção proporciona benefícios ambientais importantes no que se refere à renovabilidade de recursos, biodegradabilidade, baixa toxicidade, além de segurança acrescida e redução de custo energético, uma vez que normalmente ocorre em condições brandas. Neste cenário, de modo

a fomentar o desenvolvimento de processos e produtos sustentáveis, o presente capítulo relata as vantagens e limitações do uso da catálise enzimática para produção de biolubrificantes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biolubrificantes. Catálise enzimática. Processos biotecnológicos.

**ABSTRACT:** The depletion of fossil fuels and growing concern about the negative impact of petroleum-based lubricants on the environment led to the need to explore alternative sources of lubrication. An excellent alternative to satisfy this need is biolubricant (biodegradable lubricants), which can offer significant environmental advantages in relation to the capacity to use of resources, biodegradability and adequate performance in a variety of industrial applications. The synthesis of biolubricants may occur by classical chemical catalysis or enzymatic route. The second option provides important environmental benefits with respect to the renewability of resources, biodegradability, low toxicity, in addition to increased safety and energy cost reduction, since it usually occurs in mild conditions. In this scenario, in order to foster the development of sustainable processes and products, this chapter reports the advantages and limitations of the use of enzymatic catalysis for the production of biolubricants.

**KEYWORDS:** Biolubricants. Enzymatic Catalysis. Biotechnological processes.

## 1 | INTRODUÇÃO

Lubrificantes são compostos usados para formar uma película protetora entre duas superfícies, com o intuito de minimizar o atrito, reduzir o desgaste e vedar os componentes de máquinas e motores. Assim, os lubrificantes são usados em uma ampla gama de equipamentos, desde máquinas pesadas, como motores industriais, até equipamentos menores, como discos rígidos de computadores (BONDIOLI, 2005; SYAHIR et al., 2017). No entanto, estima-se que mais de 50% de todos os lubrificantes usados em todo o mundo entram no ambiente devido à vazamentos, descarte inadequado e acidentes (MANG e DRESEL, 2007). Como mais de 95% dos lubrificantes que entram no meio ambiente são derivados do petróleo, esses contaminam o ar, o solo, a água e, conseqüentemente, afetam a vida animal e humana (SCHNEIDER, 2006).

A conscientização das questões ambientais e o esgotamento das reservas de petróleo resultou em regulamentações governamentais rigorosas para lubrificantes à base de petróleo e, portanto, estimulou o interesse pelos lubrificantes biodegradáveis (biolubrificantes). Portanto, enquanto o mercado de lubrificantes está estagnado (com crescimento de cerca de 2% ao ano), a demanda mundial por biolubrificantes apresentou um crescimento médio de 10% ao ano nos últimos 10 anos (SINGH et al., 2018).

Apesar de vantagens como alta lubricidade, índice de viscosidade e ponto de fulgor, os biolubrificantes à base de óleos vegetais e gorduras animais apresentam

algumas limitações, como pouca resistência à degradação oxidativa e inferior desempenho em baixas temperaturas (GNANASEKARAN; CHAVIDI, 2018). Por meio de processos apropriados de modificação de triacilgliceróis, essas propriedades podem ser melhoradas para tornar os biolubrificantes uma alternativa viável aos lubrificantes minerais. No tocante à produção de biolubrificantes por metodologias tradicionais, os processos mediados por catalisadores químicos são maioria. Entretanto, essas reações normalmente são realizadas em elevadas condições de pressão e temperatura, o que pode causar a degradação térmica destes materiais, além de possibilitar a ocorrência de reações indesejáveis (ALDRIDGE, 2013; LOPRESTO et al., 2015).

Com o intuito de superar essas limitações, o interesse científico e industrial por bioprocessos para síntese de biolubrificantes vem aumentando gradativamente. A catálise enzimática é preferida para modificações de triacilgliceróis por evitar reações colaterais, além de operar em condições moderadas de temperatura e pressão, o que reduz o gasto energético e aumenta a segurança do processo (WOODLEY, 2013). Em particular, o uso de lipases como biocatalisadores em reações de síntese traz as vantagens de alta seletividade e especificidade, o que promove maior pureza aos produtos gerados (ésteres e glicerol) (AVELAR et al., 2013; CHOWDHURY et al., 2013).

Diante do exposto, o principal objetivo desta revisão é destacar os principais trabalhos relacionados a produção de biolubrificantes a partir da catálise enzimática. Neste sentido, este capítulo aborda uma visão geral das principais vantagens e limitações da produção de biolubrificantes por processos enzimáticos, além do cenário atual do setor industrial e aplicações dos biolubrificantes.

## 2 | BIOLUBRIFICANTES

Lubrificantes são materiais usados para lubrificar superfícies que estão em contato mútuo, a fim de facilitar o movimento dos componentes, bem como reduzir o atrito e desgaste (ZAINAL et al., 2018). Além disso, como mostrado na Figura 1, os lubrificantes desempenham as funções de prevenir superfícies contra corrosão, transferir energia, aumentar a estanqueidade e evitar que detritos e sujeiras entupam componentes de motores (MOBARAK et al., 2014; SINGH et al., 2018).

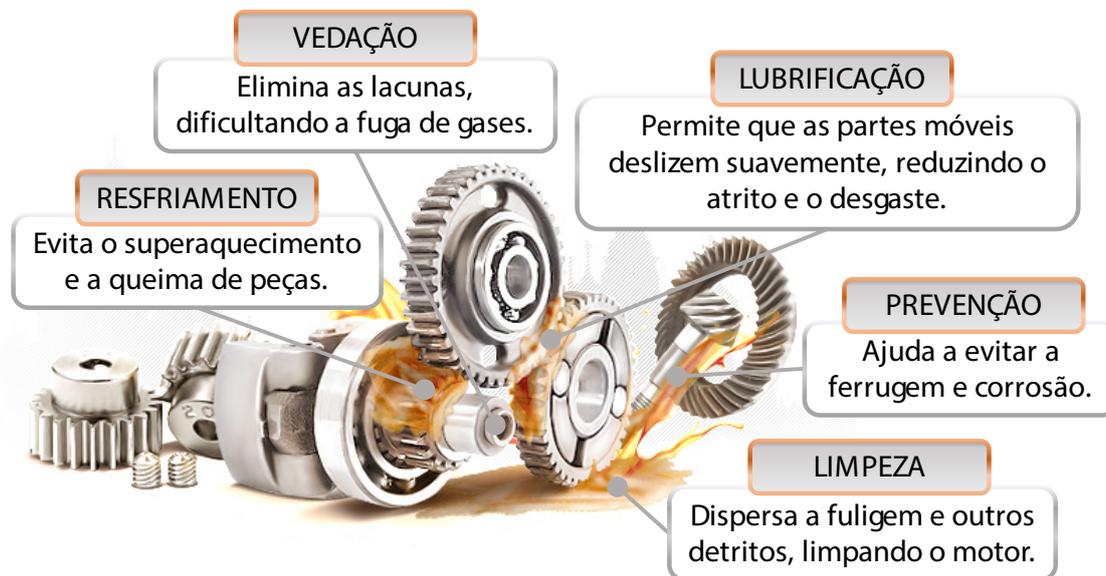


Figura 1: Funcionalidades dos lubrificantes em diferentes superfícies.

O termo biolubrificante aplica-se a todos os lubrificantes que são biodegradáveis e não tóxicos, desenvolvidos para substituir parcialmente ou totalmente os lubrificantes oriundos de combustíveis fósseis (PANCHAL et al., 2017; REEVES et al., 2017; MANNEKOTE et al., 2018). Os biolubrificantes são frequentemente, mas não necessariamente, baseados em óleos vegetais e gorduras de origem animal. Eles também podem ser derivados de ésteres sintéticos, os quais podem ser parcialmente derivados de recursos renováveis (HEIKAL et al., 2017). Os biolubrificantes à base de óleos vegetais são preferidos por terem melhores propriedades, como o alto índice de viscosidade, menor volatilidade, boa lubricidade, aumento da durabilidade dos componentes, elevado ponto de fulgor, além de promover segurança acrescida devido à menor taxa de evaporação (SABOYA et al., 2017; SONI e AGARWAL, 2014; SYAHIR et al., 2017).

No que diz respeito à hidrodinâmica, os lubrificantes à base de óleo apresentam uma cadeia de ácidos graxos alongada, bem como grupos polares, o que os torna adequados para as aplicações no setor automotivo (JAYADAS et al., 2007). A estrutura de triacilgliceróis dos ácidos graxos polares dos óleos vegetais fornecem força suficiente para os filmes lubrificantes interagirem fortemente com as superfícies metálicas, reduzindo tanto o atrito quanto o desgaste (KRZAN et al., 2010). O elevado ponto de ignição, a maior durabilidade dos componentes, a diminuição das perdas por evaporação de óleo e as baixas emissões de gases nocivos são devido aos ésteres dos óleos vegetais que têm o ponto de ebulição em intervalos de temperatura mais altos (ERHAN e KLEIMAN, 1997; FOX e STACHOWIAK, 2007). O elevado índice de viscosidade é uma característica essencial para um bom biolubrificante, uma vez que indica que a espessura do filme de óleo não varia em uma ampla faixa de temperatura, como normalmente ocorre com os lubrificantes à base de óleos minerais (REEVES et al., 2017). Em 2010, Johnson e Miller descreveram uma análise comparativa entre as

propriedades dos óleos minerais e dos óleos vegetais, como mostra a Tabela 1.

Propriedades	Óleos Minerais	Óleos vegetais
Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	840 – 920	890 – 970
Índice de viscosidade	100	100 – 200
Biodegradabilidade (%)	10 – 30	80 – 100
Ponto de fluidez (°C)	-15	-22 – 12
Tendência a formação de resíduos	Boa	Baixa
Gravidade específica	Inferior	Superior
Comportamento de fluxo frio	Bom	Baixo
Estabilidade oxidativa	Boa	Regular
Estabilidade hidrolítica	Boa	Baixa
Ponto de fulgor	Inferior	Superior
Ponto de ignição	Inferior	Superior

**Tabela 1:** Análise comparativa entre as características físico-químicas dos óleos minerais e óleos vegetais.

Fonte: Adaptado de Johnson e Miller (2010).

Embora estudos tenham sido publicados apontando os diversos benefícios dos biolubrificantes, esses ainda apresentam características que dificultam a sua aplicação como substitutos práticos dos lubrificantes convencionais (SONI e AGARWAL, 2014; HEIKAL et al., 2017; SYAHIR et al., 2017; ZAINAL et al., 2018). Biolubrificantes podem apresentar limitações de desempenho, que promovem a diminuição da proteção contra a corrosão. Contudo, essas barreiras existentes podem ser superadas pelo uso de processos biotecnológicos, entre eles, a síntese de biolubrificantes por catálise enzimática (MARINOVA et al., 2012; MOBARAK et al., 2014; KARMAKAR et al., 2017; REEVES et al., 2017).

### 3 | SÍNTESE DE BIOLUBRIFICANTES POR CATÁLISE ENZIMÁTICA

Biolubrificantes de alto valor agregado podem ser sintetizados por meio de modificações na estrutura de triacilgliceróis. Normalmente, óleos vegetais são convertidos em ésteres com boas características de lubrificação por meio de reações de epoxidação, alquilação, hidrogenação transesterificação, esterificação e hidroesterificação (KARMAKAR et al., 2017; ZAINAL et al., 2018).

Essas reações podem ser catalisadas tanto por via química quanto por enzimática. Os catalisadores alcalinos homogêneos, como hidróxidos e alcóxidos (sódio e potássio), foram preferencialmente utilizados em reações de transesterificação de triacilgliceróis para síntese de biocombustíveis (RESUL et al., 2012). Em geral, o uso de catalisadores químicos resulta em menores tempos de reação com maior produção de rendimento. Por outro lado, reações catalisadas quimicamente possui vários inconvenientes, como alto consumo de energia, formação indesejável de subprodutos e corrosão do equipamento (LÓPEZ et al., 2015).

A biocatálise permite substituir esses processos tradicionais por meio da utilização de enzimas em reações catalíticas. Enzimas apresentam elevado potencial catalítico e características específicas, com destaque para a possibilidade de realizar processos sob condições mais suaves, maior grau de pureza dos produtos obtidos e menor consumo de energia (ALDRIDGE, 2013). Ao mesmo tempo, esses biocatalisadores possuem facilidade de produção a partir de recursos renováveis e biodegradáveis, apresentando-se como uma valiosa ferramenta para tecnologias ambientalmente amigáveis, que leva à redução do impacto ambiental durante processos de produção (CHOI et al., 2015). Portanto, o desenvolvimento de processos biocatalíticos pode maximizar a produção, minimizar os custos e a quantidade de resíduos (SHELDON e WOODLEY, 2018). Devido à fácil obtenção, alta seletividade e especificidade, as lipases aparecem como potenciais biocatalisadores utilizados em diferentes reações na produção de biolubrificantes. A utilização de lipases para a síntese de biolubrificantes foi relatada por vários autores, como mostra a Tabela 2.

No estudo de Cerón *et al.* (2018), a síntese de biolubrificante por transesterificação de óleo de palmiste e diferentes álcoois (etanol, butanol e isoamílico) foi catalisada por lipase *Burkholderia cepacia* imobilizada por ligação covalente em matriz de sílica-epóxi. Os ensaios experimentais foram conduzidos em modos batelada e contínuo. Em modo contínuo, a máxima produção de ésteres isoamílicos foi alcançada após 8h, em razão molar óleo:álcool de 1:4. O produto se mostrou um bom lubrificante, apresentando índice de viscosidade de 149,22 e estabilidade oxidativa igual a 23,85 min.

Reação	Fonte da Lipase	Óleo/Ácido	Álcool	Ester	Conversão (%)	Referência
Transesterificação	Novozyme 435	Óleo de mamona	Metanol (CH <sub>3</sub> OH)	Ricinoleato de metila	99,6	Hajar e Vahabzadeh, (2014)
	<i>Mucor miehei</i>	Óleo de mamona	1-hexanol (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O)	Ricinoleato de hexila	95,0	Malhotra <i>et al.</i> (2015)
	<i>Burkholderia cepacia</i>	Óleo de palmiste	Isoamílico (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O)	Oleato de isoamila	99,5	Cerón <i>et al.</i> (2018)
Esterificação	Novozyme 435	Ácido oleico	Isoamílico (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O)	Oleato de isoamila	98,0	Madarász <i>et al.</i> (2015)
	<i>Thermomyces lanuginosus</i>	Ácido oleico	Isoamílico (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O)	Oleato de isoamila	85,0	Lage <i>et al.</i> (2016)
	<i>Thermomyces lanuginosus</i>	Ácido esteárico	Butanol (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O)	Estearato de butila	90,0	Bolina <i>et al.</i> (2018)"ISSN":18790003,"abstract":Ion-exchange supports have been prepared via sequential functionalization of silica-based materials with (3-Glycidioxypropyl
	Novozyme 435	Ácido oleico	Isoamílico (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O)	Oleato de isoamila	95,0	Bedó <i>et al.</i> (2019)
	<i>Thermomyces lanuginosus</i>	Ácido oleico	Trimetilolpropano (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub> )	Triéster de trimetilolpropano	95,0	Kim <i>et al.</i> (2019)
Hidroesterificação	Novozyme 435	Óleo residual de cozinha	Octanol (C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O)	Éster octílico	95,1	Chowdhury <i>et al.</i> (2014)
	<i>Candida rugosa</i>	Óleo de mamona	Trimetilolpropano (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub> )	Estolides	90,0	Greco-Duarte <i>et al.</i> (2017)
	<i>Candida rugosa</i>	Óleo de soja	Neopentilglicol (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub> )	Oleato de <i>n</i> -octila	99,0	Cavalcanti <i>et al.</i> (2018)
	<i>Thermomyces lanuginosus</i>	Óleo de soja	Metanol (CH <sub>3</sub> OH)	Linoleato de metila	94,3	Rosset <i>et al.</i> (2019)

Tabela 2: Reações catalisadas por lipases para produção de biolubrificantes.

A partir da esterificação enzimática utilizando a lipase *Thermomyces lanuginosus* imobilizada em partículas de polimetacrilato, Lage *et al.* (2016) sintetizaram oleato de isoamila em modo batelada. A conversão máxima de 85% foi alcançada após 30 min de reação, numa razão molar ácido:álcool de 1:1, concentração de biocatalisador de 20% m/v sob 45 °C de temperatura e agitação de 200 rpm. Nas condições ótimas de reação, o biocatalisador manteve sua atividade inicial por 22 ciclos, reduzindo cerca de 8,6% da sua atividade posteriormente.

Em um estudo recente, Cavalcanti *et al.* (2018) sintetizaram oleato de *n*-octila por hidroesterificação enzimática de ácidos graxos obtidos a partir de hidrólise de óleo de soja e diferentes polióis (neopentilglicol, trimetilolpropano e pentaeritritol). Os autores empregaram três lipases comerciais como biocatalisadores: Lipomod 34MDP (lipase livre de *Candida rugosa*), Lipozyme RMIM (lipase imobilizada de *Rhizomucor miehei*) e Novozym 435 (lipase imobilizada de *Candida antarctica* B). Dentre eles, a lipase livre de *Candida rugosa* apresentou conversão máxima (100%) para trimetilolpropano após 24h. Assim, esse biocatalisador foi posteriormente imobilizado em Accurel MP1000A e apresentou conversões de 99% para neopentilglicol e 92% para trimetilolpropano, após 24h de reação, podendo ser reutilizado por 6 ciclos consecutivos sem redução na conversão final.

De uma forma geral, a maioria dos estudos demonstra a viabilidade da utilização de lipases para a produção de biolubrificantes. Dentre os biocatalisadores mais aplicados, destacam-se os de origem fúngica, tais como as lipases de *Thermomyces lanuginosus* e de *Candida rugosa*. Os óleos mais usados como fontes de triacilgliceróis são de mamona e soja, que apresentam os ácidos riciolinoleico (C18:1OH) e linoleico (18:2) como majoritários, respectivamente. Os álcoois de cadeias curtas (C-C<sub>6</sub>) são comumente utilizados, como por exemplo isoamílico e metanol, e possibilitam a síntese de oleato de isoamila e o ricinoleato de metila como ésteres com características de biolubrificantes.

Estudos científicos como esses levam ao gradativo interesse industrial por processos enzimáticos para a produção de biolubrificantes, em função do seu potencial ambiental, econômico e social. Ademais, a rota enzimática permite a síntese de biolubrificantes com propriedades iguais ou superiores aos dos lubrificantes convencionais.

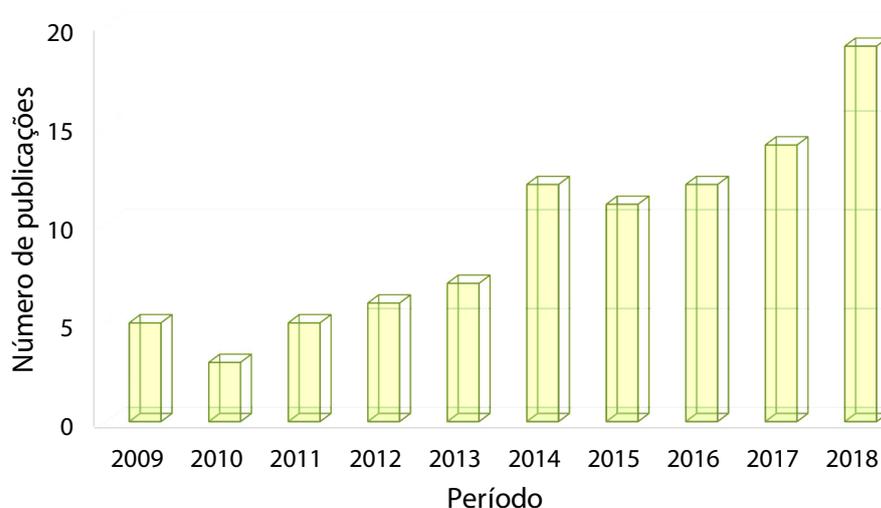
#### 4 | MERCADO INDUSTRIAL DOS BIOLUBRIFICANTES

A industrialização contínua, o crescente incremento de maquinários, bem como o aumento progressivo na aquisição de veículos, tudo isso junto, leva à dependência por lubrificantes. Em 2015, o mercado global de lubrificantes foi de US\$ 1,924 milhões (≈ R\$ 7,66 milhões) e, em 2022, deverá atingir US\$ 2,799 milhões (≈ R\$ 11,14 milhões) (SHIV,

2016). A previsão de crescimento da demanda de lubrificantes em diferentes regiões do mundo foi relatada recentemente por Singh *et al.* (2019). A taxa de crescimento da demanda de lubrificantes é maior nas regiões da Europa (5,1%) e do Pacífico Asiático (3,7%), seguidas da América (2,5%) e África (1,3%). Assim, a importância de mercado dos lubrificantes é substancial e suas aplicações são inúmeras.

Contudo, os lubrificantes convencionais são de origem fóssil, com alta toxicidade e baixa biodegradabilidade. Além disso, metade dos lubrificantes comercializados em todo o mundo chega ao ecossistema através de derramamentos, evaporação ou falhas humanas, causando impactos negativos (HEIKAL *et al.*, 2017; MANG e DRESEL, 2007). Devido aos atuais regulamentos ambientais, as indústrias automotivas e os setores afins estão sob pressão para minimizar os efeitos nocivos e reduzir a emissão de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) e hidrocarbonetos (HC) (MOBARAK *et al.*, 2014).

Sabendo que os biolubrificantes são alternativas substanciais para satisfazer a preocupação ambiental, diversos grupos de pesquisas em todo mundo estão trabalhando em prol da produção eficiente de biolubrificantes, como comprova do crescente número de publicações científicas nos últimos 10 anos, como mostra a Figura 2.



**Figura 2:** Quantidade por ano de artigos publicados associados à palavra-chave “biolubrificant” no site Web of Science, entre os anos de 2009 e 2018.

Neste cenário, várias empresas estão investindo no desenvolvimento de lubrificantes. Os principais fabricantes de biolubrificantes, seus respectivos nomes comerciais e suas principais aplicações estão listados na Tabela 3. Entre as empresas líderes no mercado de biolubrificantes estão a Shell, Chevron, Castrol, British Petroleum, Exxon Mobile e a Total. A Shell dominou o mercado de biolubrificantes em 2011, com 20% da demanda global, seguida da Exxon Mobile e da British Petroleum, que juntas representaram mais de 32% do mercado de lubrificantes biodegradáveis

em 2011. A Shell e a British Petroleum formaram uma parceria com uma empresa ferroviária pública francesa (French National Railways) para desenvolver lubrificantes biodegradáveis para graxa de trilhos ferroviários (ZAINAL et al., 2018).

<b>Fabricante</b>	<b>Nome comercial</b>	<b>Aplicação</b>
Shell	Ecolube	Fluido hidráulico
Chevron Texaco	Biostar (Rando)	Fluido hidráulico
Mobil	Mobil EAL	Lubrificante, fluido hidráulico e óleo de refrigeração
Renewable Lubricants	Biogrease/oil	Lubrificante, fluido hidráulico, óleo de corte, óleo de transmissão, óleo de engrenagem, óleos de metalurgia, óleo de corrente, óleo de gotejamento de turbina, óleo de bomba de vácuo
Castrol	Castrol Biolube 2T	Óleo de motor de dois tempos
Moton Chemicals	Biolube	Lubrificante, óleo de gotejamento de turbina e óleo de corrente
Fuchs	Locolub eco	Lubrificante, fluido hidráulico, óleo de engrenagem, e óleo de corrente
Morris Lubricants	Supergreen Air-O-Lube	Lubrificante de corrente
Solar Lubricants	Arborol	Óleo hidráulico
Rock Oil	BD-Rock Drill Oil	Lubrificante de corrente

**Tabela 3:** Fabricantes, nomes comerciais e aplicações de lubrificantes à base de óleos vegetais.

**Fonte:** Adaptado de Zainal *et al.* (2018).

No Brasil, a Petrobras Biocombustível, em parceria com a Petrobras Distribuidora e com o Centro de Pesquisas (Cenpes), anunciou em 2015 o início dos primeiros testes de campo direcionados ao desenvolvimento de biolubrificantes com tecnologia própria. Os biolubrificantes foram desenvolvidos a partir de óleos vegetais (mamona, soja e pinhão-manso), com grande potencial para uso em motores. Os resultados iniciais das pesquisas mostraram que, entre as matérias-primas estudadas, a mamona foi a que apresentou melhor desempenho. Tal fato se deve às características físico-químicas diferenciadas dessa oleaginosa, como permanecer em estado líquido em baixas temperaturas, característica fundamental para o uso em motores automotivos. Além disso, a utilização da mamona contempla a estratégia da estatal brasileira de incentivo ao cultivo dessa oleaginosa em algumas das regiões mais pobres do país. A exemplo do semiárido nordestino, onde a mamona é responsável pela estruturação da cadeia produtiva dos biocombustíveis (PETROBRAS, 2015).

Embora um grande número de estudos tenha sido realizado ao longo dos anos e várias multinacionais já tenham destinado parte do seu orçamento para produção de biolubrificantes, novas pesquisas são necessárias para uma maior compreensão e difusão sobre os mecanismos de lubrificação. Conseqüentemente, deve-se buscar insumos sustentáveis e econômicos para a síntese de biolubrificantes eficientes em

escala industrial. Neste cenário, espera-se uma mudança significativa por parte dos mercados consumidores no que se refere as vantagens dos biolubrificantes conforme as novas regulamentações governamentais e a maior preocupação com as questões ambientais.

## 5 | CONCLUSÕES

O constante avanço tecnológico aumentou a demanda por lubrificantes em todo o mundo e, geralmente, esses são produtos formulados a partir de derivados fósseis nocivos ao meio ambiente. Os biolubrificantes (lubrificantes biodegradáveis) representam uma excelente alternativa como substitutos aos lubrificantes convencionais, se algumas de suas deficiências (como baixas estabilidades térmicas e oxidativas) forem superadas. Com o intuito de solucionar essas limitações, o uso de enzimas como biocatalisadores em reações de síntese de biolubrificantes demonstra ser uma alternativa promissora, por apresentar vantagens como redução do consumo energético, aumento no rendimento do processo, menor geração de resíduos e admissão de matérias-primas de baixo custo para a sua produção.

## REFERÊNCIAS

- ALDRIDGE, S. **Industry backs biocatalysis for greener manufacturing**. *Nature biotechnology*, v. 31, n. 2, p. 95–96, 2013.
- AVELAR, M. H. M.; CASSIMIRO, D. M. J.; CASTRO, H. F. DE; MENDES, A. A. **Hydrolysis of vegetable oils catalyzed by lipase extract powder from dormant castor bean seeds**. *Industrial Crops and Products*, v. 44, p. 452–458, 2013.
- BEDŐ, Z.; BÉLAFI-BAKÓ, K.; NEMESTÓTHY, N.; GUBICZA, L. **Production of a biolubricant by enzymatic esterification: Possible synergism between ionic liquid and enzyme**. *Hungarian Journal of Industry and Chemistry*, v. 46, n. 2, p. 27–31, 2019.
- BOLINA, I. C. A.; SALVIANO, A. B.; TARDIOLI, P. W.; CREN, É. C.; MENDES, A. A. **Preparation of ion-exchange supports via activation of epoxy-SiO<sub>2</sub> with glycine to immobilize microbial lipase – Use of biocatalysts in hydrolysis and esterification reactions**. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 120, p. 2354–2365, 2018.
- BONDIOLI, P. **Overview from oil seeds to industrial products: Present and future oleochemistry**. *Journal of Synthetic Lubrication*, v. 21, n. 4, p. 331–343, 2005.
- CAVALCANTI, E. D. C.; AGUIEIRAS, É. C. G.; SILVA, P. R. **Improved production of biolubricants from soybean oil and different polyols via esterification reaction catalyzed by immobilized lipase from *Candida rugosa***. *Fuel*, v. 215, n. November 2017, p. 705–713, 2018.
- CERÓN, A. A.; VILAS BOAS, R. N.; BIAGGIO, F. C.; CASTRO, H. F. **Synthesis of biolubricant by transesterification of palm kernel oil with simulated fusel oil: Batch and continuous processes**. *Biomass and Bioenergy*, v. 119, n. September, p. 166–172, 2018.
- CHOI, J. M.; HAN, S. S.; KIM, H. S. **Industrial applications of enzyme biocatalysis: Current status and future aspects**. *Biotechnology Advances*, v. 33, n. 7, p. 1443–1454, 2015.

CHOWDHURY, A.; CHAKRABORTY, R.; MITRA, D.; BISWAS, D. **Optimization of the production parameters of octyl ester biolubricant using Taguchi's design method and physico-chemical characterization of the product.** *Industrial Crops and Products*, v. 52, p. 783–789, 2014.

CHOWDHURY, A.; MITRA, D.; BISWAS, D. **Biolubricant synthesis from waste cooking oil via enzymatic hydrolysis followed by chemical esterification.** *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 88, n. 1, p. 139–144, 2013.

ERHAN, S. M.; KLEIMAN, R. **Biodegradation of estolides from monounsaturated fatty acids.** *Journal of American Oil Chemists Society*, v. 74, p. 605–607, 1997.

FOX, N. J.; STACHOWIAK, G. W. **Vegetable oil-based lubricants: A review of oxidation.** *Tribology International*, v. 40, p. 1035–1046, 2007.

GNANASEKARAN, D.; CHAVIDI, V. P. **Green fluids from vegetable oil: Power plant. In: Vegetable oil based biolubricants and transformer fluids.** *Materials Forming, Machining and Tribology*, v. 01, p. 3–26, 2018.

GRECO-DUARTE, J.; CAVALCANTI-OLIVEIRA, E. D.; SILVA, J. A. C.; FERNANDEZ-LAFUENTE, R.; FREIRE, D. M. G. **Two-step enzymatic production of environmentally friendly biolubricants using castor oil: Enzyme selection and product characterization.** *Fuel*, v. 202, p. 196–205, 2017.

HAJAR, M.; VAHABZADEH, F. **Modeling the kinetics of biolubricant production from castor oil using *Novozym 435* in a fluidized-bed reactor.** *Industrial Crops and Products*, v. 59, p. 252–259, 2014.

HEIKAL, E. K.; ELMELAWY, M. S.; KHALIL, S. A.; ELBASUNY, N. M. **Manufacturing of environment friendly biolubricants from vegetable oils.** *Egyptian Journal of Petroleum*, v. 26, p. 53–59, 2017.

JAYADAS, N. H.; PRABHAKARAN NAIR, K.; G. A. **Tribological evaluation of coconut oil as an environment-friendly lubricant.** *Tribology International*, v. 40, p. 350–354, 2007.

JOHNSON, M.; MILLER, M. **Eco-friendly fluids for the lubricants industry.** *Tribology & Lubrication Technology*, v. 66, n. 10, p. 28–34, 2010.

KARMAKAR, G.; GHOSH, P.; SHARMA, B. **Chemically modifying vegetable oils to prepare green lubricants.** *Lubricants*, v. 5, n. 4, p. 44, 2017.

KIM, H.; CHOI, N.; KIM, Y. **Immobilized lipase-catalyzed esterification for synthesis of trimethylolpropane triester as a biolubricant.** *Renewable Energy*, v. 130, p. 489–494, 2019.

KRZAN, B.; CEH, B.; KOSIR, I.; VIZINTIN, J. **Study on the tribological performance of vegetable oils.** *Goriva i Maziva*, v. 49, p. 352–367, 2010.

LAGE, F. A. P.; BASSI, J. J.; CORRADINI, M. C. C. **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.

LÓPEZ, B. C.; CERDÁN, L. E.; MEDINA, A. R.; MORENO, P. G.; GRIMA, E. M. **Production of biodiesel from vegetable oil and microalgae by fatty acid extraction and enzymatic esterification.** *Journal of Bioscience and Bioengineering*, v. 119, n. 6, p. 706–711, 2015.

LOPRESTO, C. G.; NACCARATO, S.; ALBO, L.; CHAKRABORTY, S.; CALABRÒ, V. **Enzymatic transesterification of waste vegetable oil to produce biodiesel.** *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 121, p. 229–235, 2015.

- MADARÁSZ, J.; NÉMETH, D.; BAKOS, J.; GUBICZA, L.; BAKONYI, P. **Solvent-free enzymatic process for biolubricant production in continuous microfluidic reactor.** *Journal of Cleaner Production*, v. 93, p. 140–144, 2015.
- MALHOTRA, D.; MUKHERJEE, J.; GUPTA, M. N. **Lipase catalyzed transesterification of castor oil by straight chain higher alcohols.** *Journal of Bioscience and Bioengineering*, v. 119, n. 3, p. 280–283, 2015.
- MANG, T.; DRESEL, W. **Lubricants and lubrication.** John Wiley & Sons, v. 01, p. 297–323, 2007.
- MANNEKOTE, J. K.; KAILAS, S. V.; VENKATESH, K.; KATHYAYINI, N. **Environmentally friendly functional fluids from renewable and sustainable sources-A review.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 81, p. 1787–1801, 2018.
- MARINOVA, E. M.; SEIZOVA, K. A.; TOTSEVA, I. R. **Oxidative changes in some vegetable oils during heating at frying temperature.** *Bulgarian Chemical Communications*, v. 44, p. 57–63, 2012.
- MOBARAK, H. M.; MOHAMAD, E. N.; MASJUKI, H. H.; KALAM, M. A.; ASHRAFUL, A. M. **The prospects of biolubricants as alternatives in automotive applications.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 33, p. 34–43, 2014.
- PANCHAL, T. M.; PATEL, A.; CHAUHAN, D. D.; THOMAS, M.; PATEL, J. V. **A methodological review on bio-lubricants from vegetable oil based resources.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 70, p. 65–70, 2017.
- PETROBRAS. **Fatos e dados: Iniciamos testes de campo com biolubrificantes.** Acessado em: <http://www.petrobras.com.br>, 2015.
- REEVES, C. J.; SIDDAIAH, A.; MENEZES, P. L. **A review on the science and technology of natural and synthetic biolubricants.** *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*, v. 3, p. 11, 2017.
- RESUL, M. F. M. G.; TINIA, T. I.; IDRIS, A. **Kinetic study of Jatropha biolubricant from transesterification of jatropha curcas oil with trimethylolpropane: Effects of temperature.** *Industrial Crops and Products*, v. 38, n. 1, p. 87–92, 2012.
- ROSSET, D. V.; WANCURA, J. H. C.; UGALDE, G. A. **Enzyme-catalyzed production of FAME by hydroesterification of soybean oil using the novel soluble lipase NS40116.** *Applied Biochemistry and Biotechnology*, p. 1–13, 2019.
- SABOYA, R. M. A.; CECILIA, J. A.; GARCÍA-SANCHO, C. **Synthesis of biolubricants by the esterification of free fatty acids from castor oil with branched alcohols using cationic exchange resins as catalysts.** *Industrial Crops and Products*, v. 104, p. 52–61, 2017.
- SCHNEIDER, M. P. **Plant-oil-based lubricants and hydraulic fluids.** *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 86, p. 1769–1780, 2006.
- SHELDON, R. A.; WOODLEY, J. M. **Role of biocatalysis in sustainable chemistry.** *Chemical Reviews*, v. 118, n. 2, p. 801–838, 2018.
- SHIV, S. **Bio-based lubricants market by raw material (vegetable oil, and animal fat), end user (transportation, and industrial), and application (hydraulic fluid, metal working fluids, greases, high performance oils, penetrating lubricants, food grade lubricants.** *Renewable, Speciality and Fine Chemicals*, v. 01, p. 120, 2016.
- SINGH, Y.; FAROOQ, A.; RAZA, A.; MAHMOOD, M. A.; JAIN, S. **Sustainability of a non-edible vegetable oil based bio-lubricant for automotive applications: A review.** *Process Safety and Environmental Protection*, v. 111, p. 701–713, 2018.

SINGH, Y.; SHARMA, A.; SINGLA, A. **Non-edible vegetable oil-based feedstocks capable of bio-lubricant production for automotive sector applications: A review.** Environmental Science and Pollution Research, p. 1–16, 2019.

SONI, S.; AGARWAL, M. **Lubricants from renewable energy sources: A review.** Green Chemistry Letters and Reviews, v. 7, p. 359–382, 2014.

SYAHIR, A. Z.; ZULKIFLI, N. W. M.; MASJUKI, H. H.; KALAM, M. A.; HARITH, M. H. **A review on bio-based lubricants and their applications.** Journal of Cleaner Production, v. 168, p. 997–1016, 2017.

WOODLEY, J. M. **Protein engineering of enzymes for process applications.** Current Opinion in Chemical Biology, v. 17, n. 2, p. 310–316, 2013.

ZAINAL, N. A.; ZULKIFLI, N. W. M.; GULZAR, M.; MASJUKI, H. H. **A review on the chemistry, production, and technological potential of bio-based lubricants.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 82, p. 80–102, 2018.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Jorge González Aguilera:** Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: [jorge.aguilera@ufms.br](mailto:jorge.aguilera@ufms.br)

**Alan Mario Zuffo:** Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: [alan\\_zuffo@hotmail.com](mailto:alan_zuffo@hotmail.com)

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Água 13, 20, 22, 23, 33, 61, 128, 130, 135, 136, 176

AIA 246

Alimentação 2, 11, 35

Aterro de resíduos 41

Avaliação 18, 22, 33, 41, 57, 84, 126, 127, 137, 154, 173, 174, 234, 235, 236, 244, 246

### B

Bacia Hidrográfica 28

Bicicleta 193, 197, 198

Biolubricants 70

Biotechnological processes 70

### C

Captação de água da chuva 19

Caracterização 94, 125, 135, 136, 176

Coleta Seletiva 58, 60, 61

Coliformes 13, 17, 133

Composição gravimétrica 58, 63, 64, 65, 87, 91, 92

Compostos Orgânicos 126

### D

Design verde 155

Diagnóstico Ambiental 224

Distribuição da água 170

### E

Ecodesign 155, 156, 157, 158, 159, 167

Ecologia 33, 146, 148, 153, 246, 248, 251

Economia de água 135

Educação Alimentar 2, 11

Efetividade 84, 85, 234, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245

Ensino fundamental 1, 4, 5, 68, 183

Enzymatic Catalysis 70

Espécie ameaçada 177

Esterco Bovino 52, 53, 54, 55, 56

### F

Ferramentas audiovisuais 177

## **G**

Geração de resíduos 42, 58, 78, 96, 97, 98, 101, 156, 160, 168

Gestão 23, 84, 86, 117, 128, 134, 135, 137, 139, 144, 146, 168, 191, 193, 195, 229, 231, 234, 235, 236, 241, 243, 244, 245

## **H**

História natural 35, 36, 40

Horta didática 1

## **I**

Indicadores 61, 83, 107, 246

Índice Pluviométrico 19, 21

Inseto 35

IQR 41, 42, 43, 44, 49, 50

## **M**

Microrganismos 13

Mobilidade Ativa 193

Mobilidade Sustentável 193

Mobilidade Urbana 193, 196, 197, 198

Municipalidades 199, 204, 222

## **O**

Oportunista 35

## **P**

Pó de serra 52

Processo participativo 177

## **Q**

Qualidade da Água 176

## **R**

Reducción de Riesgos de Desastres 199

Resíduo eletroeletrônico 155

Resíduos de Serviços de Saúde 224, 225, 231

Resíduo sólido 155

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-537-2

