

# Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química

---

Érica de Melo Azevedo  
(Organizadora)

# Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química

---

Érica de Melo Azevedo  
(Organizadora)

Atena  
Editora  
Ano 2020

**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 Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-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.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de 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  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

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

## **Ciências Biológicas e da Saúde**

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

## **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Linguística, Letras e Artes**

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

### **Conselho Técnico Científico**

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

Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. 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 Alborno – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista



## Desenvolvimento e transferência de tecnologia na engenharia química

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Giovanna Sandrini de Azevedo  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizadora:** Érica de Melo Azevedo

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento e transferência de tecnologia na engenharia química / Organizadora Érica de Melo Azevedo. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5706-606-5  
DOI 10.22533/at.ed.065200912

1. Engenharia química. I. Azevedo, Érica de Melo (Organizadora). II. Título.

CDD 660

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

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

## APRESENTAÇÃO

A publicação de e-books no Brasil é uma importante ferramenta para a divulgação científica e a valorização das pesquisas e pode ajudar a desenvolver uma relação mais próxima entre a Academia e a Indústria. O presente livro mostra aspectos da pesquisa e transferência de tecnologia na engenharia química e suas áreas correlatas. Diversas patentes, materiais e equipamentos vêm sendo desenvolvidos buscando a melhora na qualidade de vida humana, na qualidade dos produtos consumidos e melhora ambiental e queremos mostrar estes trabalhos. O livro “Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química” apresenta artigos na área de processos químicos, tecnologia química e ensino de química.

O e-book contém 8 capítulos, que abordam temas como biotecnologia; hidrólise enzimática; extração de lipídeos a partir de microalgas; síntese de materiais adsorventes a partir de resíduos; preparação de materiais para a remoção de contaminantes; formulações de combustíveis; formulação alimentar com adição de resíduo agroindustrial e produção de anti-incrustantes a partir de surfactantes naturais.

Os objetivos principais do presente livro são apresentar aos leitores diferentes aspectos do conhecimento científico na área de Engenharia Química, abordando conceitos de desenvolvimento e transferência de Tecnologia. Os artigos da coleção podem ser utilizados para o desenvolvimento de projetos de pesquisa, para o ensino dos temas abordados e até mesmo para a atualização do estado da arte nas áreas de tecnologia química, engenharia química e engenharia de bioprocessos.

Após esta apresentação, convido os leitores a apreciarem e consultarem, sempre que necessário, a obra “Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química”. Desejo uma excelente leitura!

Érica de Melo Azevedo

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **POTENCIAL APLICAÇÃO BIOTECNOLÓGICA DO SORO DO QUEIJO NA PRODUÇÃO DE PRODUTOS DE VALOR AGREGADO**

Paula Valéria Viotti  
Wardleison Martins Moreira  
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante  
Marcelo Fernandes Vieira

**DOI 10.22533/at.ed.0652009121**

### **CAPÍTULO 2..... 10**

#### **MODELAGEM DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE BIOETANOL EM DYNETICA UTILIZANDO ROTA METABÓLICA SIMPLIFICADA**

Matheus Yuri Gritzenco de Giovanni  
Renam Luis Acorsi  
Cid Marcos Gonçalves Andrade  
José Eduardo Olivo

**DOI 10.22533/at.ed.0652009122**

### **CAPÍTULO 3..... 20**

#### **ESTUDO DE TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO DE LIPÍDEOS DE ALGAS**

Carla Veronica Rodarte de Moura  
Daiane Fossatti Dall'Oglio  
Edmilson Miranda de Moura

**DOI 10.22533/at.ed.0652009123**

### **CAPÍTULO 4..... 42**

#### **ALTERNATIVE ROUTE TO SYNTHESIZE A BIOPHENOLIC RESIN FROM TANNIN AND KRAFT BLACK LIQUOR AND ITS APPLICATION AS AN ADSORBENT MATERIAL**

Wardleison Martins Moreira  
Paula Valéria Viotti  
Marcelo Fernandes Vieira  
Cristina Maria dos Santos Gaudêncio Baptista  
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante  
Marcelino Luiz Gimenes

**DOI 10.22533/at.ed.0652009124**

### **CAPÍTULO 5..... 53**

#### **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO EMPREGO DE ÁLCOOIS COMO AGENTE ESTABILIZANTE EM MISTURAS BIO-ÓLEO PIROLÍTICO/DIESEL**

Wendell Ferreira de La Salles  
Kátia Simone Teixeira da Silva de La Salles  
Larissa Machado de Assis  
Jullyane Cunha Moreira

**DOI 10.22533/at.ed.0652009125**

<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>61</b>
PREPARAÇÃO DE HIDROGÉIS A BASE DE GLICEROL PARA REMOÇÃO DE CONTAMINANTES DE ÁGUAS RESIDUAIS	
Bárbara Brígida Pinho de Lima	
Wesley Renato Viali	
Eloiza da Silva Nunes Viali	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0652009126</b>	
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>67</b>
ELABORAÇÃO E ANÁLISE DE CHOCOLATE ENRIQUECIDO COM FARINHA DE CAROÇO DE JACA	
Matheus Henrique Nascimento Goes	
Janclei Pereira Coutinho	
Fábio Alan Carqueija Amorim	
Julia Carneiro Romero	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0652009127</b>	
<b>CAPÍTULO 8.....</b>	<b>87</b>
FORMULAÇÃO DE MATRIZES ANTI-INCRUSTANTES UTILIZANDO SURFACTANTES NATURAIS	
Anderson Oliveira de Medeiros	
Maria da Gloria Conceição da Silva	
Leonie Asfora Sarubbo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0652009128</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b>	<b>100</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>101</b>

## AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO EMPREGO DE ÁLCOOIS COMO AGENTE ESTABILIZANTE EM MISTURAS BIO-ÓLEO PIROLÍTICO/DIESEL

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 06/11/2020

### Wendell Ferreira de La Salles

Universidade Federal do Maranhão  
Departamento de Tecnologia Química  
São Luís – Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/6935994431461983>

### Kátia Simone Teixeira da Silva de La Salles

Universidade Federal do Maranhão  
Departamento de Tecnologia Química  
São Luís – Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/3258022875158002>

### Larissa Machado de Assis

Universidade Federal do Maranhão  
Coordenação de Engenharia Química  
São Luís – Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/0568027542293584>

### Jullyane Cunha Moreira

Universidade Federal do Maranhão  
Coordenação de Engenharia Química  
São Luís – Maranhão  
<http://lattes.cnpq.br/4048420079829971>

**RESUMO:** O bio-óleo produzido por pirólise rápida ou liquefação da biomassa vem se destacando por ser um produto de grande potencial para atuar como fonte energética. Entretanto, possui algumas propriedades indesejadas quando se considera a sua aplicação como combustível automotivo em motores do ciclo diesel, como por exemplo, alto teor de oxigênio e água, elevada corrosividade e imiscibilidade em diesel. Neste

trabalho, foi avaliado o potencial de alguns álcoois como agentes estabilizantes no processo de solubilização de um bio-óleo sintético em diesel através da tecnologia de microemulsificação. Parâmetros que influenciam no processo de solubilização foram avaliados, tais como, razão bio-óleo/diesel, natureza e concentração dos álcoois. Os resultados demonstraram que o n-octanol foi o mais eficiente dentre os álcoois estudados para promover a solubilização do sistema. A razão volumétrica bio-óleo/diesel ótima foi 3:7 e a concentração ideal do n-octanol 0,85 M. O potencial de aplicação das misturas foi avaliado em termos do seu poder calorífico, massa específica, viscosidade cinemática e índice de viscosidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bio-óleo, microemulsões, combustíveis, pirólise.

### EVALUATION OF THE POTENTIAL USE OF ALCOHOLS AS STABILIZING AGENT IN BIO-OIL PIROLYTIC/DIESEL MIXTURES

**ABSTRACT:** Bio-oil produced by fast pyrolysis or liquefaction of biomass has stood out for being a product with great potential to act as an energy source. However, it has some unwanted properties when considering its application as automotive fuel in diesel engines, for example, high oxygen and water content, high corrosivity and immiscibility in diesel. In this work, the potential use of some alcohols as stabilizing agents in the process of solubilization of a synthetic bio-oil in diesel through microemulsification technology was evaluated. Parameters that influence the solubilization process were evaluated, such as

bio-oil/diesel ratio, nature and concentration of alcohols. The results showed that n-octanol was the most efficient among the studied alcohols to promote the solubilization of the system. The optimal bio-oil/diesel volumetric ratio was 3:7 and the ideal concentration of n-octanol 0,85 M. The application potential of the mixtures was evaluated in terms of their calorific value, specific mass, kinematic viscosity and viscosity index.

**KEYWORDS:** Bio-oil, microemulsions, fuels, pyrolyse.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os Combustíveis fósseis são atualmente a fonte energética mais usada mundialmente, contudo, a cada ano, as perspectivas futuras em torno do uso desses recursos não renováveis vêm se tornando cada vez menos atrativas. Em frente a esses direcionamentos, os produtos obtidos a partir de resíduos da biomassa apresentam-se como uma alternativa para a nova abordagem do mercado energético. O bio-óleo, um líquido que pode ser obtido a partir da pirólise da biomassa, vem atraindo muito atenção por ser uma alternativa promissora para substituir os combustíveis fósseis, pois apresenta um grande potencial para o uso em motores de combustão e caldeiras de aquecimento (Liang *et al.*, 2018; Xiu *et al.*, 2012). Entretanto, o seu uso comercial como combustível é muito limitado devido a características como elevada viscosidade, comportamento corrosivo e alto teor de água (Leng *et al.*, 2015). Consequentemente, a sua utilização direta se torna inviável, sendo necessária aplicação de métodos de melhoramento do bio-óleo.

A microemulsificação é uma técnica de melhoramento da qualidade do bio-óleo que consiste na combinação de dois líquidos imiscíveis capazes de formar misturas homogêneas com auxílio de agentes emulsionantes. Através dessa tecnologia, é possível desenvolver sistemas termodinamicamente estáveis de bio-óleo com diesel ou biodiesel (Leng *et al.*, 2018). Ikura *et al.* (2003) obtiveram propriedades melhoradas do bio-óleo com teor 5-30% em diesel quando inserido em microemulsões. No entanto, a utilização dos tensoativos comerciais tem sido um contraponto negativo, devido ao seu elevado custo que dificulta o desenvolvimento em larga escala de processos baseados nesse método.

De La Salles *et al.* (2016) verificaram em seus trabalhos que o aumento da razão cotensoativo/tensoativo levava uma maior solubilização do bio-óleo no sistema, quando do emprego de álcoois de cadeia curta como cotensoativos, evidenciando que a utilização de álcoois de forma isolada poderia ser uma alternativa ao uso dos tensoativos clássicos.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo fundamental avaliar o potencial do emprego de álcoois como agente estabilizante no processo de microemulsificação de bio-óleo em diesel. Diversos parâmetros que afetam a estabilidade da microemulsão foram avaliados, tais como, a razão inicial bio-óleo/diesel (v/v) e a natureza e concentração do álcool. As propriedades da microemulsão combustível também foram analisadas e comparadas com as propriedades do bio-óleo sintético e do diesel.

## 2 I METODOLOGIA

### 2.1 Material

A amostra diesel utilizada foi fornecida pelo Laboratório de Análise e Pesquisa em Química Analítica de Petróleo e Bicombustíveis (LAPQAP) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Glucose, Vanilina, Água Deionizada, Guaiacol, Glicoxal, Furfural, Ácido Acético, Metanol e Acetol usados na formulação do bio-óleo e os álcoois n-butanol, n-hexanol, n-octanol e isoamílico foram adquiridos junto a Sigma-Aldrich, com pureza superior a 99%, exceto o glicoxal, obtido na forma de solução aquosa a 40% e o Acetol (90%).

### 2.2 Preparo do Bio-óleo

O bio-óleo sintético foi formulado com base nos constituintes químicos usados por Wang *et al.* (2014) com a seguinte composição em massa: 8 % de Glucose, 8% de Vanilina, 25% de Água Deionizada, 17% de Guaiacol, 6% de Glicoxal, 6% de Furfural, 15% de Ácido Acético, 7% de Metanol e 8% de Acetol. Tal formulação visou a minimizar problemas de reprodutibilidade dos dados da pesquisa uma vez que o bio-óleo real é relativamente instável quimicamente. Inicialmente, adicionou-se a glucose, vanilina e água deionizada e agitou-se por cerca de 10 minutos até completa solubilização, em seguida, os demais componentes foram inseridos. A mistura resultante foi continuamente agitada por cerca de duas horas.

### 2.3 Preparo das Misturas

Com um volume total de 10 mL (variando-se a razão inicial bio-óleo/diesel e a natureza do cotensoativo), massas de bio-óleo, diesel e álcool foram pesadas e misturadas em erlenmeyer sob agitação magnética por 15 min. Posteriormente, as amostras foram transferidas para cones graduados e deixadas em repouso durante 24 h, onde se observava uma separação de fases, sendo a fase superior a fase microemulsionada e a fase inferior bio-óleo residual. Todos os ensaios foram realizados a temperatura ambiente (25°C). A eficiência do sistema no processo de solubilização de bio-óleo foi avaliada em termos de dois parâmetros de otimização, definidos como parâmetro S (volume de bio-óleo solubilizado por volume de diesel) e parâmetro E (volume de bio-óleo solubilizado por mol de cotensoativo), conforme o trabalho de Wang *et al.* (2014).

### 2.4 Caracterização

A caracterização da microemulsão, bio-óleo e do diesel foram realizadas no Laboratório de análises em Química Analítica de Petróleo e Biocombustíveis da Universidade Federal do Maranhão por meio de análises de massa específica (Density Meter DMA 4500 M), poder calorífico (IKA C2000), viscosidade (HVB 438 visco bath). A estabilidade da



microemulsão foi avaliada em termos da determinação do índice de viscosidade, conforme trabalho de Chiaramonti *et al.* (2003).

O índice de viscosidade é calculado

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Efeito da Natureza do Álcool e da Razão Bio-óleo/Diesel

Os resultados das análises da razão inicial B/D (v/v) e da influência dos diferentes tipos de álcoois na solubilização de bio-óleo estão dispostos na Figura 1. As concentrações dos álcoois estudados foram fixadas em 0,75 M.

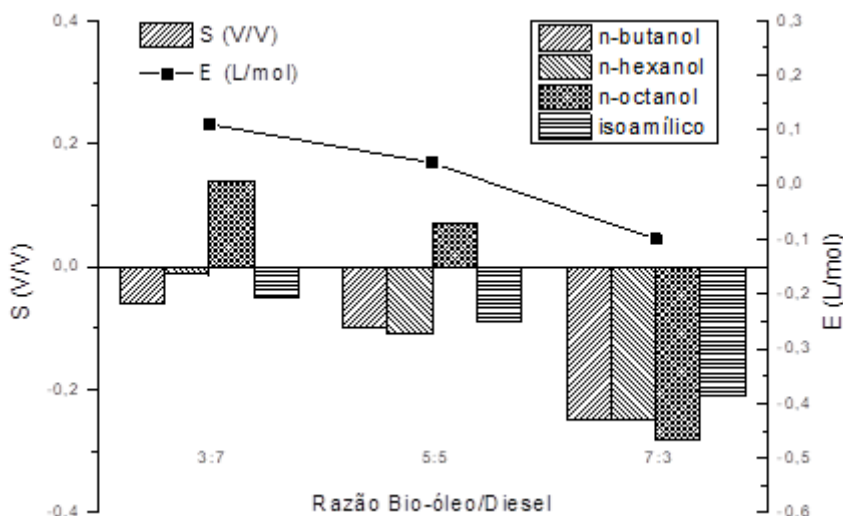


Figura 1 – Influência da natureza do álcool e da razão B/D de solubilização do bio-óleo em diesel.

Ao analisar a atuação dos álcoois como estabilizante, percebe-se que a maior parte deles não promoveu melhoria na solubilização do bio-óleo em diesel, apresentando um incremento negativo, ou seja, ao invés de se verificar uma redução no volume de bio-óleo residual devido a uma solubilização parcial deste na fase diesel observou-se um aumento no volume de bio-óleo em função do álcool adicionado ao sistema se solubilizar nesta fase. Dentre os álcoois avaliados, somente o n-octanol foi capaz de promover uma solubilização parcial de bio-óleo na fase diesel, obtendo valores de parâmetro S (volume bio-óleo solubilizado por volume de diesel) em torno de 0,14 na razão bio-óleo/diesel (v/v) de 3:7. Avaliando-se o volume de bio-óleo solubilizado por mol de álcool empregado, representado pelo parâmetro E, nota-se que o n-octanol obteve maior eficiência na razão 3:7 tendo um

valor de  $E_{\text{máx}} = 0,13$ . Observa-se também uma tendência do decaimento da eficiência do álcool com o aumento da razão B/D.

Os resultados obtidos revelam a capacidade de álcoois (especificamente o n-octanol em nosso caso) de atuar como agente tensoativo, conforme relatado nos trabalhos de DeLuna *et al.* (2017). A superfície ativa desses componentes proporciona a redução da tensão superficial entre fases imiscíveis, como no caso da mistura bio-óleo/diesel, podendo levar o sistema à formação de uma emulsão ou microemulsão. De modo semelhantemente aos resultados expostos neste trabalho, Wang *et al.* (2014) avaliando o efeito do n-octanol, n-heptanol, n-hexanol, n-pentanol e n-butanol como cotensoativos concluíram que o n-octanol era um coagente ideal de solubilização de bio-óleo em diesel, no entanto, nestes trabalhos o octanol atuava de fato como um cotensoativo associado a um tensoativo (Span80).

### 3.2 Efeito da Concentração do Álcool

A influência da concentração do álcool no processo de solubilização do bio-óleo é apresentada na Figura 2. Para a análise, foi tomado como base as condições pré-estabelecidas com razão B/D inicial de 3:7 em volume e n-octanol como álcool. Variou-se a concentração do álcool de 0,75 a 1,15 M.

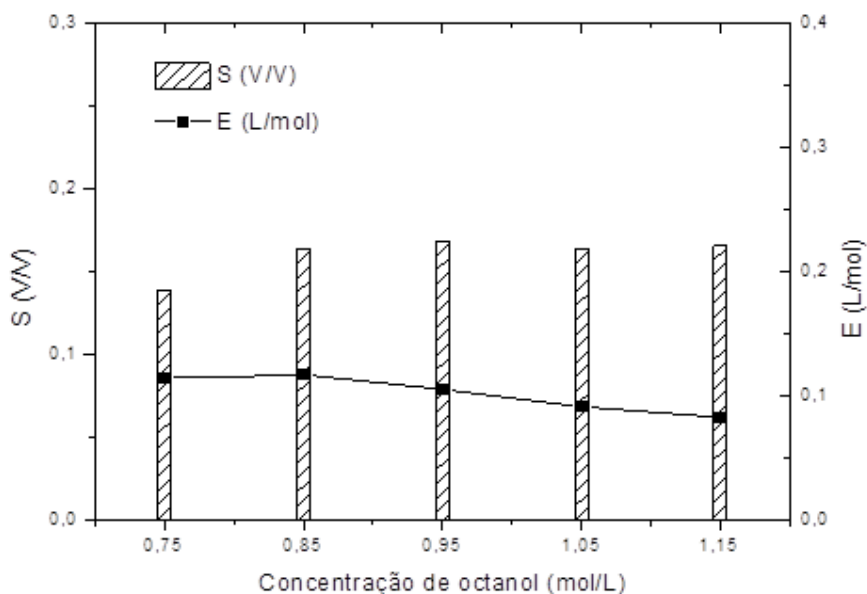


Figura 2 – Efeito da concentração do n-octanol na solubilização do bio-óleo em diesel

Ao se passar de 0,75 M para 0,85 M observa-se um leve aumento no teor de bio-óleo solubilizado, no entanto, a partir desta concentração o teor de bio-óleo solubilizado praticamente não sofreu alteração, o que evidencia a existência de um limite máximo na capacidade do n-octanol com um agente de solubilização do bio-óleo na mistura. No que diz respeito a eficiência do álcool no processo (avaliado pelo parâmetro E), também se atinge um máximo na concentração de 0,85 M.

De acordo com Jiang e Ellis (2009), existe uma concentração ótima de octanol para produzir misturas bio-óleo/diesel estáveis. Quando as concentrações são muito elevadas pode ocorrer a desestabilização por coalescência, em contrapartida, em baixas concentrações o sistema está sujeito a aglomerações de gotículas de óleo. Logo, é importante a definição de uma concentração ideal para favorecer a máxima eficiência de solubilização.

### 3.3 Caracterização

A caracterização foi realizada tanto para a microemulsão selecionada (fase microemulsionada obtida empregando-se octanol na concentração de 0,85 M como agente estabilizante e razão (v/v) bio-óleo/diesel de 3:7), quanto para o bio-óleo e o diesel. Os resultados das análises de massa específica, poder calorífico, viscosidade e índice de viscosidade são apresentados na Tabela 1.

	PCS (MJ/kg)	r (g/cm <sup>3</sup> )	n (mm <sup>2</sup> /s)	IV
Bio-óleo	18,27	1,116	2,320	0,162
Diesel	44,86	0,853	3,770	0,008
Microemulsão	40,08	0,879	4,038	0,047

Tabela 1 – Caracterização das amostras de diesel, bio-óleo e microemulsão

Observa-se que os valores das massas específicas das microemulsões situaram-se levemente acima dos valores obtidos para o diesel puro, influenciadas diretamente pela presença do bio-óleo nesta fase. Os valores das viscosidades cinemáticas das microemulsões também foram superiores aos valores obtidos para o diesel puro, fato que se justifica pela presença do octanol na composição das microemulsões. Como era esperado, o poder calorífico das microemulsões se apresentou inferior ao poder calorífico do diesel, no entanto, bem superior ao poder calorífico do bio-óleo puro. É importante ressaltar que o poder calorífico da microemulsão está diretamente relacionado ao volume de bio-óleo solubilizado, de modo que pode ser elevado, ou diminuído, alterando-se o volume de bio-óleo solubilizado. Em relação ao índice de viscosidade, sabe-se que quanto menor o seu valor, mais estável é a mistura, de modo que o valor obtido indica que a microemulsão avaliada possui boa estabilidade.

## 4 | CONCLUSÃO

Os resultados apresentados confirmam o potencial do emprego da tecnologia de microemulsões em processos de melhoria do bio-óleo empregando-se álcoois como agente de solubilização, em contrapartida ao uso dos tensoativos clássicos. Foram obtidas misturas estáveis bio-óleo/diesel na razão de 0,17 mL de bio-óleo por mL de diesel com propriedades combustíveis semelhantes às propriedades do diesel, sinalizando que tal procedimento tem potencial real de aplicação no aproveitamento do bio-óleo como combustível automotivo. No mais, as propriedades das microemulsões obtidas ainda podem ser otimizadas, visto que as condições “ótimas” para o sistema microemulsionado foram definidas apenas em termos de parâmetros de otimização baseados exclusivamente na eficiência no tensoativo e no volume de bio-óleo solubilizado, sem uma preocupação mais efetiva com o impacto destes parâmetros nas propriedades combustíveis da microemulsão.

## REFERÊNCIAS

CHIARAMONTI, D.; BONINI, M., FRATINI, E., TONDI, G., GARTNER, K., BRIDGWATER, A. V., GRIMM, H. P., SOLDAINI, I., WEBSTER, A., BAGLIONI, P., Development of emulsions from biomass pyrolysis liquid and diesel and their use engines – part 1: emulsion production, **Biomass and Bioenergy**, v. 25, n. 1, p. 85-99, 2003. doi:10.1016 / S0961-9534 (02) 00183-6.

DE LUNA, M. D. G.; CRUZ, L. A. D.; CHEN, W. H.; LIN, B. J.; HSIEH, T. H. Improving the stability of diesel emulsions with high pyrolysis bio-oil content by alcohol co-surfactants and high shear mixing strategies. **Energy**, v. 141, p. 1416-1428, 2017. <https://doi.org/0.1016/j.energy.2017.11.055>.

DE LA SALLES, W. F.; DE LA SALLES, K. T. S.; FREIRE, E. A. R.; ASSIS, L. M. **Estudo da capacidade de solubilização de bio-óleo em diesel por meio da tecnologia de microemulsões empregando brij-93 como tensoativo**. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2016, Ceará, **Anais**. Fortaleza, 2016.

IKURA, M.; STANCIULESCU, M.; HOGAN, E. Emulsification of pyrolysis derived bio-oil in diesel fuel. **Biomass & Bioenergy**, v. 24, n. 3, p. 221-232, 2003. doi: 10.1016 / S0961-9534 (02) 00131-9.

JIANG, X.; ELLIS, N. Upgrading bio-oil through emulsification with biodiesel: mixture production. **Energy Fuel**, v. 24, n. 2, p. 1358-1364, 2009. <https://doi.org/10.1021/ef9010669>

LENG, L.; LI, H.; YUAN, X.; ZHOU, W.; HUANG, H. Bio-oil upgrading by emulsification/microemulsification: A review. **Energy**, n. 161, p. 214-232, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.energy>.

LENG, L.; YUAN, X.; CHEN, X.; HUANG, H.; WANG, H.; LI, H.; ZHU, R.; LI, S.; ZENG, G. Characterization of liquefaction bio-oil from sewage sludge and its solubilization in diesel microemulsion. **Energy**, v. 82, p. 218-228, 2015. doi: 10.1016 / j.energy.2015.01.032

LIANG, J.; QIAN, Y.; YUAN, X.; LENG, L.; ZENG, G.; JIANG, L.; SHAO, J.; LUO, Y.; DING, X.; YANG, Z.; LI, X. Span80/Tween80 stabilized bio-oil-in-diesel microemulsion: Formation and combustion. **Renew. Energy**, v. 126, p. 774-782, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.04.010>

WANG, X. L.; YUAN, X. Z.; HUANG, H. J.; LENG, L. J.; LI, H.; PENG, X.; WANG, H.; LIU, Y.; ZENG, G. M. Study on the solubilization capacity of bio-oil in diesel by microemulsion technology with Span80 as surfactant. **Fuel Processing Technology**, 2014, v. 118, p. 141-147. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2013.08.020>

XIU, S.; SHAHBAZI, A. Bio-oil production and upgrading research: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**., 2012, v. 16, n. 7, p. 4406-4414. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.04.028>

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aditivo Alimentar 68, 84

Adsorção 43, 61, 62, 63, 64, 65

### B

Bioetanol 2, 3, 10, 11, 85

Bioincrustação 87, 88, 94, 95, 97

Bio-óleo 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59

### C

Chocolate 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 86

### D

Dynetica 10, 13, 14, 15, 18

### E

Extração de Lipídeos 20, 22, 37

### H

Hidrogéis 61, 62, 65, 66

Hidrólise Enzimática 1, 2, 5, 6

### J

Jaca 67, 68, 69, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86

### L

Licor Negro Kraft 43

### M

Microalgas 20, 21, 22, 23, 27, 28, 30, 31, 37

Microemulsões 53, 54, 58, 59

### P

Pirólise 53, 54

Produtos de Valor Agregado 1, 2, 3, 6

Proteólise 1

### R

Remoção de Contaminantes 61

Resina Biofenólica 43

## **S**

Software Livre 10, 13

Soro de Queijo 2, 3

Surfactantes Naturais 87, 90, 91, 92, 93, 97, 98

## **T**

Tanino 43

Técnicas Físicas e Químicas 20

# Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química

---

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

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

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

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



# Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química

---

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

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

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

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

Atena  
Editora

Ano 2020