

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 Cremo

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
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

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

CAPÍTULO 6.....	61
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	
DOI 10.22533/at.ed.0652009126	
CAPÍTULO 7.....	67
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	
DOI 10.22533/at.ed.0652009127	
CAPÍTULO 8.....	87
FORMULAÇÃO DE MATRIZES ANTI-INCRUSTANTES UTILIZANDO SURFACTANTES NATURAIS	
Anderson Oliveira de Medeiros	
Maria da Gloria Conceição da Silva	
Leonie Asfora Sarubbo	
DOI 10.22533/at.ed.0652009128	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	100
ÍNDICE REMISSIVO.....	101

CAPÍTULO 2

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

Data de aceite: 01/12/2020

Data de submissão: 05/11/2020

Matheus Yuri Gritzenco de Giovanni

Departamento de Engenharia Química,
Universidade Estadual de Maringá
Maringá - Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0078887179102848>

Renam Luis Acorsi

Departamento de Engenharia Química,
Universidade Estadual de Maringá
Maringá - Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5114568187161657>

Cid Marcos Gonçalves Andrade

Departamento de Engenharia Química,
Universidade Estadual de Maringá
Maringá - Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6013790055300526>

José Eduardo Olivo

Departamento de Engenharia Química,
Universidade Estadual de Maringá
Maringá - Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3799477144188495>

RESUMO: Fontes alternativas de energia renovável para substituir o uso de combustível fóssil vêm sendo estudadas. Entre eles, a produção de etanol a partir de processos fermentativos de matérias-primas renováveis baseadas em carbono é atrativa por ser uma opção mais limpa e viável. Estes processos fermentativos podem e devem ser aperfeiçoados de maneira contínua e existem diversas formas de modelá-los. Uma

das maneiras mais úteis de analisar processos é o desenvolvimento de modelos matemáticos do processo. Visto isso, este trabalho o desenvolvimento e simulação do processo de fermentação da produção do etanol do caldo da cana-de-açúcar a partir as rotas metabólicas, sendo implementado usando-se o software livre Dynetica.

PALAVRAS-CHAVE: DYNETICA, software livre, energia renovável, bioetanol, rota metabólica.

MODELING THE PRODUCTION PROCESS OF BIOETHANOL IN DYNETICA USING SIMPLIFIED METABOLIC PATHWAYS

ABSTRACT: Alternative sources of renewable energy to replace the use of fossil fuels have been studied. Among them, the production of ethanol from fermentative processes of carbon-based renewable raw materials has attracted attention because it is a clean and more viable option. These fermentative processes can and should be continuously optimized and there are several forms of modeling them. One of the most useful ways to analyze processes is the development of mathematical models of processes. In view of this, the present work seeks to development and simulation of fermentation of bioethanol production process from sugar cane through metabolic pathways, using the software Dynetica.

KEYWORDS: DYNETICA, free software, renewable energy, ethanol, metabolic pathway.

1 | INTRODUÇÃO

Problemas causados pelo uso de combustíveis de fonte fósseis induzem ao desenvolvimento de bioprocessos sustentáveis [1]. O uso de combustíveis derivados do petróleo resulta em uma grande emissão de CO₂, o que representa uma grande contribuição para a emissão total de gases do efeito estufa (GEE) [2]. Atualmente, o bioetanol é o biocombustível dominante, com sua maioria sendo produzida nos Estados Unidos e no Brasil, utilizando milho e cana-de-açúcar como matéria-prima, respectivamente [2,3]. Os custos de matéria-prima, especialmente do milho, a produção e a redução de emissão de gases GEE leva a um debate contínuo sobre a utilização de biocombustíveis [4]. No Brasil, não há dúvida de que a dependência de combustíveis derivados de petróleo tem diminuído devido ao contínuo desenvolvimento e aperfeiçoamento da indústria de álcool e açúcar, que além do etanol produz bioeletricidade, polímeros e até mesmo alimentos para consumo humano e animal [5,6].

Uma maneira de aperfeiçoar o bioprocessos é estudar o agente de transformação utilizado, como os micro-organismos utilizados na fermentação [1]. Micro-organismos podem ser considerados como pequenas indústrias, controladas pelo seu metabolismo através de uma rede de reações bem reguladas, que quase nunca produz uma substância a mais do que o necessário [7]. Então, a melhoria do desempenho de um micro-organismo pode ser alcançada através da otimização e maior entendimento de sua rede metabólica ou a introdução de uma nova rota metabólica através de modificações genéticas, um método que precisa de grande conhecimento de genética e metabolismo [1,2]

A cinética de fermentação pode ser analisada de duas maneiras: pelo consumo de substrato ao longo do tempo ou pela formação de produto ao longo do tempo. Assim:

$$\left. \frac{dS}{dt} \right|_t = \text{velocidade de consumo do substrato} \quad (1)$$

$$\left. \frac{dP}{dt} \right|_t = \text{velocidade de produção de produto} \quad (2)$$

Em um gráfico de Substrato (S) ou Produto (P) pelo tempo, tais velocidades são dadas pela inclinação da reta tangente a curva no instante t, como mostra a Figura 1.

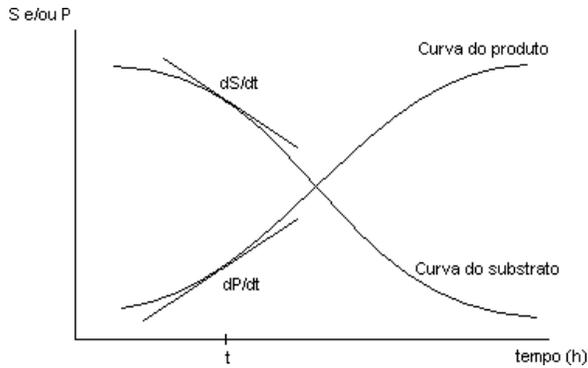


Figura 1 – Comportamento das concentrações de substrato e produto em função do tempo.

Como a concentração de microorganismos não é constante com o tempo e baseando-se na hipótese da existência de uma proporcionalidade entre a concentração de complexo enzimático que realiza a transformação e a concentração de microorganismo que contem este complexo, surge o conceito de velocidade específica, que pode ser aplicado tanto ao substrato quanto ao produto ou microorganismo.

$$\mu_x = \frac{1}{x} \frac{dX}{dt} \quad (3)$$

$$\mu_s = \frac{1}{x} \frac{dS}{dt} \quad (4)$$

$$\mu_p = \frac{1}{x} \frac{dP}{dt} \quad (5)$$

Da mesma forma, pode-se fazer um gráfico da velocidade específica contra o tempo e determinar os períodos de tempo em que a velocidade é máxima, seja para crescimento de célula, seja para produção de produto.

Uma das formas de se aumentar a produção do etanol é aumentar a eficiência do processo de fermentação. Para tal, faz-se necessário ter-se o modelo do processo. A modelagem pode ser empírica (caixa preta) ou fenomenológica. Em processos bioquímicos, normalmente temos a mistura das duas abordagens, a chamada modelagem mista. Uma vez que geralmente temos a forma das equações, derivadas de conhecimentos teóricos, e constantes a determinar, que podem ser obtidas a partir de dados experimentais. Pode-se chamar de “macro” a forma de se modelar os processos bioquímicos com equações diferenciais que envolvem o produto (P), o substrato (S) e o microrganismo (X), estes modelos servem e serviram para avanços nestes estudos.

Modelos matemáticos podem simular o comportamento dinâmico e complexo do metabolismo celular. Modelos de rotas metabólicas consistem em reações enzimáticas descritas através de sua estequiometria, fluxo de reação e constantes cinéticas (algumas

constantes cinéticas precisam de um modelo adquirido em literaturas, mas normalmente elas estão incompletas, incompatíveis ou simplesmente inexistentes) [14]. Sendo assim, a maioria dos modelos matemáticos de rotas bioquímicas foi desenvolvida baseada em dados coletados de diferentes fontes [10,14].

Hoje, com o avanço do conhecimento das rotas metabólicas e no processamento dos computadores um tipo de modelagem “micro” tem sido largamente investigado, aquele que usa o equacionamento das rotas metabólicas. Neste trabalho estabeleceu-se a condição de modelar o processo de produção do etanol usando rotas metabólicas e para auxiliar esse controle fez-se o uso do software Dynetica, que é um software livre.

2 | PARTE EXPERIMENTAL

Uma rota metabólica é uma rede complexa de reações ocorrendo simultaneamente. Para exemplificar, um esquema de modelo ramificado da glicólise que será utilizado consiste de três reações, conforme figura 2. O software utilizado para esta etapa foi o Dynetica e as etapas seguem de acordo com as descrições abaixo.

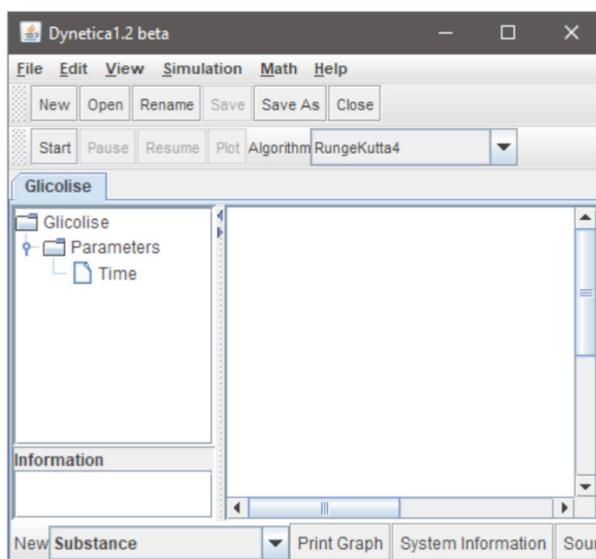


Figura 3 – Imagem inicial do Dynetica

De início, criou-se um modelo de reação, no menu New e foi definido um nome para o sistema. Um sistema em branco apareceu, nesta janela o painel esquerdo mostrava a exibição de árvore-estrutura da rede e no painel da direita exibia-se uma representação gráfica. Havia uma lista de parâmetros no painel à esquerda; o parâmetro “Time” já vem

com o programa e este parâmetro não deve ser modificado ou excluído, pois isso pode corromper o arquivo de entrada.

Na linguagem do programa, cada substância representa um componente da reação: reagente, produto, catalisador, etc. Para criar uma substância, clicou-se na flecha para baixo ao lado do “New” inferior, em “Substance” e adicionou-se um nome, por exemplo A. Depois disso um nó azul, correspondente a este “A” criado, apareceu no console principal. Aprendeu-se a fechar a janela do editor clicando no canto superior direito da caixa e reabrindo com um duplo clique no nó correspondente

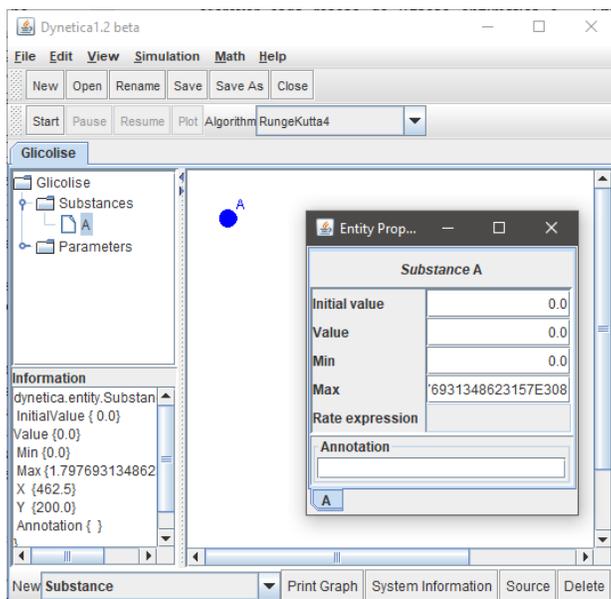


Figura 4 – Nodo da Substância

Estudo e aprendizado da opção Progressive Reaction do programa Dynetica, que serve para modelar uma reação simples que converta uma substância em outra; em seguida, clicou-se no mesmo botão de combinação usado para criar a substância, mas selecionou-se a opção Progressive Reaction. Inseriu-se o parâmetro k , que representa a velocidade específica da reação ou constante de velocidade. Há uma lista de parâmetros no lado esquerdo da janela principal. A reação na interface gráfica aparece como uma seta encaixotada. A linha verde indica que a produção da substância, a linha vermelha representa o consumo da substância, e uma linha tracejada indica que a substância cinza afeta a cinética da reação. Os parâmetros podem ser definidos antes do tempo desde que eles são gerados automaticamente quando a reação é formada. As substâncias também podem ser omitidas antes de criar a reação, e o programa irá adicioná-los automaticamente.

No entanto, reconheceu-se que o layout gráfico de nós e reações em algumas plataformas fica de forma mais confusa, portanto o recomendado é que as substâncias sejam criadas antes das reações que participam.

Verificou-se que as reações são classificadas em dois tipos nesse programa: reações progressivas ou reações equilibradas e algumas opções são fornecidas, como Progressive Reaction, Mass Action, Decay e Michaelis-Menten, cada uma delas requisitando os parâmetros respectivos. Também há possibilidade de formular as expressões cinéticas. Para criar uma nova expressão, utilizou-se o botão de combinação na parte inferior da página e selecionar Expression Variable. A seção Expressões do apêndice fornece uma lista das operações e funções compreendidas pelo Dynetica dentro dessa estrutura. Para executar o modelo, clicou-se no botão Iniciar na barra de Simulação na parte superior da tela e, em seguida, no botão Plot ao lado dele. Estas opções, juntamente com a maioria dos outros mencionados abaixo estão disponíveis no Menu Simulação da barra de menus. Uma janela de simulação contendo o comportamento dependente do tempo de substâncias no sistema aparece na tela. Por padrão, o Dynetica usa uma variável de tempo etapa 4ª ordem algoritmo de Runge-Kutta (identificado como “RungeKuttaFehlberg”), que é implementado com base na descrição de numéricos. Para acessá-lo, clicou-se no botão de cima na barra de Simulação ao lado do rótulo “Algoritmo” e selecione a opção RungeKutta4.

Na parte de simulação, o Dynetica pode também modelar a dinâmica do sistema, considerando-se cada reação como uma etapa individual que tem uma certa probabilidade de que ocorra durante um intervalo de tempo amostrados. Este tipo de análise é relevante para os sistemas que envolvem um baixo número de moléculas de reagentes e produtos. Matematicamente se manifesta através do algoritmo denominado Gillespie e estocástica, porque a presença de uma probabilidade igual qualquer reação disparando em qualquer momento no tempo introduz uma aleatoriedade para a simulação não é possível dentro de simulações deterministas. Três métodos particulares de realização do algoritmo de Gillespie estão disponíveis em Dynetica para modelagem estocástica. No mesmo botão de combinação, onde as opções de modelagem determinísticos foram localizados, tendo-se as seguintes opções: Direct Method, Optimized Direct Method ou First Reaction Method. O Direct Method, o método mais comum para implementar o algoritmo Gillespie, opera com base em uma escolha aleatória de reações com probabilidades de reação que redefinem a cada iteração da etapa de tempo.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Fez-se então a inserção das substâncias que participam do processo de fermentação no Dynetica, gerando um nodo para cada substância. Por conveniência, os nodos foram nomeados da seguinte forma: glicose = S; ácido pirúvico = Pir; acetaldeído = A; etanol = EtOH. Para os valores iniciais de tais substâncias, tem-se que apenas o valor inicial da

glicose difere de 0, pois apenas ela se encontra presente inicialmente no meio. Para fins deste trabalho, considerou-se uma fermentação cuja concentração inicial de substrato é 30 g/L de glicose, ou 0,1665 mol/L de glicose.

Tendo as substâncias em mãos, adicionaram-se as reações. Todas as reações serão consideradas como progressivas. No caso de reações metabólicas, tal como no caso da cinética enzimática, consideraremos que as reações são de primeira ordem. Assim, para a primeira reação, R1, que transforma um mol de glicose em dois mols de ácido pirúvico, para uma cinética tipo $k_1 * [S]$, consideremos uma constante cinética baixa, visto que uma elevada constante dessa reação, causaria uma conversão imediata de toda glicose no meio, o que não se verifica experimentalmente. Partindo dos dados de Acorsi (2012), temos que essa quantidade de glicose deve ser consumida em aproximadamente 75 minutos. Isso levou ao uso de $k_1 = 0.07$. A reação do ácido pirúvico em acetaldeído e a reação do acetaldeído em etanol não devem ser lentas, pois, nesse caso haveria acúmulo dessas substâncias no interior da célula. Para as reações R2 e R3 então, propôs-se $k_2 = k_3 = 1.0$.

Entende-se por resultados a informação pertinente aos dados coletados e analisados, abrangendo estudos de caso.

Progressive Reaction R1																							
Stoichiometry	S -> 2.0Pir																						
Kinetics	$k_1 * [S]$																						
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Variables Annotation </div>																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Substances</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Substance S</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pir</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Initial value</td> <td>0.1665</td> </tr> <tr> <td>Value</td> <td>1.5182918500687234E-4</td> </tr> <tr> <td>Min</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Max</td> <td>1.7976931348623157E308</td> </tr> <tr> <td>Rate expression</td> <td>$-1.0 * (k_1 * [S])$</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Annotation</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> </tbody> </table>		Substances		Substance S		S		Pir		Initial value	0.1665	Value	1.5182918500687234E-4	Min	0.0	Max	1.7976931348623157E308	Rate expression	$-1.0 * (k_1 * [S])$	Annotation			
Substances																							
Substance S																							
S																							
Pir																							
Initial value	0.1665																						
Value	1.5182918500687234E-4																						
Min	0.0																						
Max	1.7976931348623157E308																						
Rate expression	$-1.0 * (k_1 * [S])$																						
Annotation																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Parameters</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Parameter k1</td> </tr> <tr> <td>k1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Value</td> <td>0.07</td> </tr> <tr> <td>Minimum value</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Maximum value</td> <td>1.7976931348623157E308</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Annotation</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> </tbody> </table>		Parameters		Parameter k1		k1		Value	0.07	Minimum value	0.0	Maximum value	1.7976931348623157E308	Annotation									
Parameters																							
Parameter k1																							
k1																							
Value	0.07																						
Minimum value	0.0																						
Maximum value	1.7976931348623157E308																						
Annotation																							

Figura 5 - Configuração da reação 1.

Progressive Reaction R3		
Stoichiometry	2.0A -> 2.0EtOH	
Kinetics	$k_1 * [S] - (k_2 * [Pir] + k_3 * [A])$	
Variables Annotation		
Substances		
Substance A		
A	Initial value	0.0
EtOH	Value	0.0
S	Min	0.0
Pir	Max	1.7976931348623157E308
	Rate expression	$1 * [S] - (k_2 * [Pir] + k_3 * [A])$
	Annotation	
Parameters		
Parameter k1		
k1	Value	0.07
k2	Minimum value	0.0
k3	Maximum value	1.7976931348623157E308
	Annotation	

Figura 6 - Configuração da reação 2

Progressive Reaction R2		
Stoichiometry	2.0Pir -> 2.0A	
Kinetics	$k_1 * [S] - k_2 * [Pir]$	
Variables Annotation		
Substances		
Substance A		
A	Initial value	0.0
S	Value	0.0
Pir	Min	0.0
	Max	1.7976931348623157E308
	Rate expression	$k_1 * [S] - (k_2 * [Pir] - k_3 * [A])$
	Annotation	
Parameters		
Parameter k1		
k1	Value	0.07
k2	Minimum value	0.0
	Maximum value	1.7976931348623157E308
	Annotation	

Figura 7 - Configuração da reação 3.

Após definidas as substâncias e reações, o seguinte nodo aparece na área de trabalho do Dynetica:



Figura 7 - Nodos reacionais.

Ao clicar em “Plot” e definir os parâmetros gráficos de acordo com o preferido, o programa simula a reação e, neste caso, forneceu o seguinte resultado:

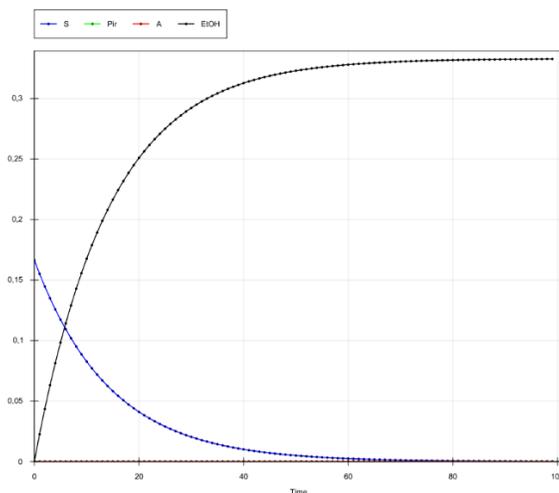


Figura 8 - Produção de etanol por via metabólica.

4 | CONCLUSÃO

O processo pôde ser modelado e simulado com o uso do software Dynetica. Dentro da proposta de auxiliar na modelagem de uma rota metabólica para o processo de fermentação, o programa correspondeu às expectativas e o rendimento atingido foi o esperado para casos de fermentação sem inibição.

REFERÊNCIAS

1. Dai, Z. and Nielsen, J. (2015) Advancing metabolic engineering through systems biology of industrial microorganisms. *Current Opinion in Biotechnology*. 36, 8-15.
2. Nielsen, J., Larsson, C., Van Maris, A. and Pronk, J. (2013) Metabolic engineering of yeast for production of fuels and chemicals. *Current Opinion in Biotechnology*. 24, 398- 404.

3. Chen, B. and Saghsian, S. (2015) The relationship among ethanol, sugar and oil prices in Brazil: cointegration analysis with structural breaks. Selected Paper prepared for presentation at the Southern Agricultural Economics Association's 2015.
4. Caspeta, L., Buijs, N.A.A., Nielsen, J. (2013) The role of biofuels in the future energy supply. *Energy & Environmental Science*. 6, 1077-1082.
5. Filoso, S., do Carmo, J.B., Mardegan, S.F., Lins, S.R.M., Gomes, T.F. and Martinelli, L.A. (2015) Reassessing the environmental impacts of sugarcane ethanol production in Brazil to help meet sustainability goals. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 52, 1847-1856.
6. Lapola, D.M., Schaldach, R., Alcamo, J., Bondeau, A., Koch, J., Koelking, C., et al. (2010) Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 107, 3388–3393.
7. Demain, A.L. (2000) Microbial technology. *Trends in Biotechnology*. 18, 26-31.
8. Nielsen, J., Jewett, M.C. (2008) Impact of systems biology on metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae*. *FEMS Yeast Res.* 8, 122-131.

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 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2020