

# COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

## ENGENHARIA QUÍMICA



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021



COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA QUÍMICA**



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes editoriais**

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
 Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
 Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
 Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília  
 Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
 Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
 Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
 Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
 Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
 Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
 Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
 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. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
 Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
 Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
 Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
 Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
 Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
 Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
 Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
 Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
 Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
 Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
 Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
 Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
 Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
 Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
 Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
 Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
 Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
 Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª 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  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal 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  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
 Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
 Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
 Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
 Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
 Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
 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. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
 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  
 Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
 Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
 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

## Coleção desafios das engenharias: engenharia química

**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro

**Correção:** Maiara Ferreira

**Revisão:** Os autores

**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

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

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia química /  
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. –  
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-226-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.262212307>

1. Engenharia química. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel  
da Silva (Organizador). 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; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

O e-book: “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Química” constituído por dezessete capítulos de livros apresenta trabalhos das mais diversas áreas e que demonstram o quanto à área de Engenharia Química é interdisciplinar.

O primeiro trabalho avaliou a importância de se trabalhar em equipe por meio de projetos que contribuíra para um processo de ensino-aprendizagem mais significativo. No capítulo 2 e 3 são apresentados trabalhos sobre temáticas que geram muita discussão e resistência por parte da sociedade em aceitar: o potencial de contaminação dos cemitérios localizadas dentro do perímetro urbano da cidade e o tratamento de efluentes da indústria farmacêutica.

Os capítulos de 4 a 6 apresentam estudos que objetivam remover classes de contaminantes utilizando processos de adsorção tendo como adsorventes resíduos provenientes de garrafas PET e carvão ativado obtido a partir de ossos bovinos. Além disso, é apresentado um trabalho que avaliou a eficiência de um Processo Oxidativo Avançado ( $H_2O_2/UV$ ) para remoção do corante verde Malaquita. Já os capítulos 7 e 8 apresentam estudos que utilizam biomassa provenientes do caroço do abacate e da fibra da casca de coco verde com o intuito de melhorar o processo de inibição da corrosão do aço carbono e o galvanizado, aumentando sua durabilidade e reduzindo custos. O capítulo 9 apresenta a aplicação em processos biotecnológicos que visam o isolamento de fungos por intermédio de atividades enzimáticas a partir da utilização de casca de café.

Os capítulos de 10 a 13 apresentam trabalhos que buscaram avaliar a potencialidade de matérias-primas provenientes de fontes naturais para a obtenção de uréia a partir de biogás; obtenção de energia a partir de células combustíveis proveniente de micro-organismos; obtenção de briquetes a partir de co-produtos da agroindústria e caracterização de microplásticos encontrados em ecossistemas aquáticos. Já os capítulos de 14 a 17 tratam de temas bem diversificados: i) caracterização físico-química de briquetes a partir do tratamento térmico; ii) estudo comparativo do calor específico do leite provenientes de diferentes espécies de animais; iii) proposta de um método colorimétrico alternativo e de baixo custo para quantificação de glicose e iv) análise da intensidade do refino sobre as propriedades do papel de fibras de NSBK.

Neste sentido, a Atena Editora vem trabalhando e buscando cada vez mais a excelência em publicação de livros e capítulos de livros de acordo com os critérios estabelecidos e exigidos pela CAPES para obtenção do *Qualis* L1. Com o compromisso de colaborar e auxiliar na divulgação e disseminação de trabalhos acadêmicos provenientes das inúmeras instituições de ensino públicas e privadas do Brasil e de outros países com acesso gratuito em diferentes plataformas digitais.



## SUMÁRIO

### CAPÍTULO 1..... 1

#### A PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES DO TRABALHO EM EQUIPE NO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA NA FES ZARAGOZA

Ana Lilia Maldonado Arellano

María Esmeralda Bellido Castaños

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123071>

### CAPÍTULO 2..... 11

#### ANÁLISE DA ÁGUA DO LENÇOL FREÁTICO E SOLO DO CEMITÉRIO MUNICIPAL FREI EDGAR – JOAÇABA – SC

José Carlos Azzolini

Daniel Claudino de Mello


Fabiano Alexandre Nienov

Eduarda de Magalhães Dias Frinhani

Adriana Biasi Vanin

Analú Mantovani

Leonardo Henrique de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123072>

### CAPÍTULO 3..... 27

#### ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA, MODELAGEM MATEMÁTICA E SIMULAÇÃO DO TRATAMENTO VIA DIGESTÃO ANAERÓBIA DO LODO PROVENIENTE DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

Thalles de Assis Cardoso Gonçalves

Mário Luiz Pereira Souza

João Victor Silva Cardoso

Hugo Lopes Ferreira

Vitor Miller Lima Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123073>

### CAPÍTULO 4..... 39

#### ESTUDOS INICIAIS DO USO DE RESÍDUOS DE PET (POLITEREFTALATO DE ETILENO) COMO ADSORVENTE DO ÍON METÁLICO MANGANÊS (Mn<sup>2+</sup>) EM SOLUÇÕES AQUOSAS


Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Vanessa Pires

Priscila Afonso Rodrigues de Sousa

Bruno Elias dos Santos Costa

Luciana Melo Coelho


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123074>

### CAPÍTULO 5..... 51

#### ADSORÇÃO DO HORMÔNIO 17 $\beta$ -ESTRADIOL EM CARVÃO ATIVADO DE OSSO BOVINO

Ramiro Picoli Nippes

Paula Derksen Macruz  
Fernando Henrique da Silva  
Aline Domingues Gomes  
Patricia Lacchi da Silva  
Camila Pereira Giroto  
Mauricio Khenafes  
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123075>

## **CAPÍTULO 6..... 60**

### **AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> NA DESCOLORAÇÃO DO CORANTE VERDE DE MALAQUITA**


Nayra Fernandes Santos  
Ana Beatriz Neves Brito  
Carlos Minoru Nascimento Yoshioka

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123076>

## **CAPÍTULO 7..... 71**

### **AVALIAÇÃO DO PÓ DA FIBRA DA CASCA DE COCO VERDE COMO INIBIDOR DE CORROSÃO NATURAL DO AÇO CARBONO EM MEIO ÁCIDO**


Stéfany Saraiva Viana  
Gabriel Abelha Carrijo Gonçalves  
Lhaira Souza Barreto  
Miriam Sanae Tokumoto  
Fernando Cotting  
Vera Rosa Capelossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123077>

## **CAPÍTULO 8..... 83**

### **APLICAÇÃO DE FILMES DE SILANO VS/GPTMS MODIFICADOS COM O CAROÇO DO ABACATE PARA A PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DO AÇO GALVANIZADO**

Luís Gustavo Costa Nimo Santos  
Nayara Maria Santos de Almeida  
Franco Dani Rico Amado  
Fernando Cotting  
Isabella Pacifico Aquino  
Vera Rosa Capelossi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123078>

## **CAPÍTULO 9..... 94**

### **ISOLAMENTO DE FUNGOS COM ATIVIDADES ENZIMÁTICAS DE INTERESSE BIOTECNOLÓGICO A PARTIR DA CASCA DE CAFÉ**

Flaviana Pena Natividade  
Boutros Sarrouh

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2622123079>

**CAPÍTULO 10..... 112**


**TÉCNICAS DE CARACTERIZAÇÃO DE MICROPLÁSTICOS EMPREGADAS EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS BRASILEIROS**

Maurício Zimmer Ferreira Arlindo

Andressa Rossatto

Taiana Denardi de Souza

Christiane Saraiva Ogradowski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230710>

**CAPÍTULO 11 ..... 118**

**PIRÓLISE SUAVE DE BRIQUETES DE COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS**


Amanda de Araújo Drago

Victória Oliveira Diaz de Lima

Débora Hungaro Micheletti

Aline Bavaresco dos Santos

Adriana Ferla de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230711>

**CAPÍTULO 12..... 126**

**OBTENÇÃO DE UREIA A PARTIR DE BIOGÁS: BALANÇOS MATERIAIS E ENERGÉTICOS**

Daniela de Araújo Sampaio

Júlio Sancho Linhares Teixeira Militão

Jeferson Marcos Silva Moraes

Ana Paula Machado Pereira


Antônio Carlos Duarte Ricciotti

Viviane Barrozo da Silva

Hebert Sancho Linhares Garcez Militão

Diogo Kesley Oliveira de Menezes

Avner Vianna Gusmão Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230712>

**CAPÍTULO 13..... 140**

**INTEGRAÇÃO DE SISTEMA DE ELUTRIAÇÃO EM CÉLULA COMBUSTÍVEL MICROBIOLÓGICA PARA ALIMENTAÇÃO CONTÍNUA DE MATÉRIA ORGÂNICA E GERAÇÃO DE ENERGIA**

Ricardo Pereira Branco

Taiana Denardi de Souza

Christiane Saraiva Ogradowski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230713>

**CAPÍTULO 14..... 144**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ENERGÉTICA DE BRIQUETES DE GUANDU SUBMETIDOS A TRATAMENTO TÉRMICO**

Victória Oliveira Diaz de Lima


Débora Hungaro Micheletti

Matheus de Paula Gonçalves

Fernanda Bach Gasparin



Bruno Aldo de Moura Nekel Ribeiro  
Aline Bavaresco dos Santos  
Valdir Luiz Guerini  
Adriana Ferla de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230714>

**CAPÍTULO 15..... 152**

**ESTUDO COMPARATIVO DO CALOR ESPECÍFICO DE LEITE DE DIFERENTES ESPÉCIES ANIMAIS: INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO E DA TEMPERATURA**

Halissom Clever Sanches  
Rodrigo Rodrigues Evangelista  
Marcio Augusto Ribeiro Sanches  
André Luiz Borges Machado  
Ana Lúcia Barretto Penna  
Javier Telis Romero

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230715>

**CAPÍTULO 16..... 169**

**DETERMINAÇÃO COLORIMÉTRICA DE GLICOSE ATRAVÉS DA FORMAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE OURO SOBRE PAPEL**


Jacqueline Arguello da Silva  
Bernardo Brito Vacaro  
Vladimir Lavayen  
Thágor Moreira Klein  
Manoelly Oliveira Rocha  
Vanessa Cezar Ribas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230716>

**CAPÍTULO 17..... 181**

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA INTENSIDADE DO REFINO TIPO PFI NAS PROPRIEDADES DO PAPEL DE FIBRAS DE *NORTHERN BLEACHED SOFTWOOD KRAFT* (NBSK)**

Gustavo Batista  
Rajnish Kumar  
Franklin Zambrano  
Hasan Jameel  
Ronalds Gonzalez  
Antonio José Gonçalves da Cruz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.26221230717>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 187**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 188**

## PIRÓLISE SUAVE DE BRIQUETES DE COPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS

Data de aceite: 01/07/2021

Data da submissão: 04/06/2021

### **Amanda de Araújo Drago**

Universidade Federal da Integração Latino-  
Americana, Campus Foz do Iguaçu  
Foz do Iguaçu-PR  
<http://lattes.cnpq.br/1231611615710991>

### **Victória Oliveira Díaz de Lima**

Universidade Federal do Paraná, Setor  
Palotina, Engenharia de Energia.  
Palotina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/6616661682554952>

### **Débora Hungaro Micheletti**

Universidade Federal do Paraná, Setor  
Palotina, Engenharia de Energia.  
Palotina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/7174805762530986>

### **Aline Bavaresco dos Santos**

Universidade Federal do Paraná, Setor  
Palotina, Departamento de Engenharias e  
Exatas  
Palotina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/1098847351310417>

### **Adriana Ferla de Oliveira**

Universidade Federal do Paraná, Setor  
Palotina, Departamento de Engenharias e  
Exatas  
Palotina-PR  
<http://lattes.cnpq.br/8320953119053085>

**RESUMO:** As atividades agroindustriais produzem uma série de resíduos que quando aproveitados, passam a ser coprodutos. Um dos inconvenientes desses resíduos está na baixa densidade, elevado volume, dificuldade de armazenamento e transporte. Uma alternativa pode ser a produção de biocombustíveis sólidos, como pellets e briquetes, concentrando energia por unidade de volume. As características energéticas ainda podem ser melhoradas por tratamentos térmicos de pirólise, que aumentam a densidade energética e diminuem a umidade dos biocombustíveis. O presente trabalho teve como objetivo submeter briquetes de pó de serra de eucalipto com 15% de torta de nabo forrageiro (B1), e pó de serra de eucalipto com 25% de sabugo de milho (B2) à pirólise suave, torrefação e realizar a caracterização físico-química e energética dos mesmos. Os briquetes foram torreficados em reator aquecido em forno mufla a uma taxa de aquecimento de  $1,7\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  com temperatura inicial igual à temperatura ambiente até a temperatura de  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mantida durante 30 min. As amostras antes e após a torrefação foram caracterizadas por análise imediata, método ASTM (D-3.172 até D-3.175) e poder calorífico superior (PCS) pela norma ABNT (NBR 8633). Os resultados obtidos indicaram que ambos os briquetes B1 e B2 diferiram estatisticamente em seus teores de umidade, materiais voláteis, carbono fixo, cinzas e poder calorífico superior quando comparados antes e após a torrefação. Para B1 o PCS aumentou de 17,42 para 27,97  $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$  e para B2 de 17,73 para 24,27  $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ . O briquete B2 diferiu de B1 com PCS superior e o teor de cinzas inferior, características desejáveis

para um biocombustível. Pode-se concluir que a torrefação dos briquetes, produziu um incremento no PCS, agregando valor a um biocombustível produzido a partir de coprodutos agroindustriais.

**PALAVRAS - CHAVE:** Biomassa. Coproduto. Pirólise. Torrefação. Energia.

## MILD PYROLYSIS OF AGROINDUSTRIAL COPRODUCTS BRIQUETTES

**ABSTRACT:** Agroindustrial activities produce a series of residues that, when used, become co-products. One of the inconveniences of these residues is their low density, high volume, difficulty in storing and transporting them. An alternative could be the production of solid biofuels, such as pellets and briquettes, concentrating energy per unit of volume. The energy characteristics can still be improved by thermal pyrolysis treatments, which increase the energy density and reduce the moisture content of biofuels. The present work had as objective to submit eucalyptus saw dust briquettes with 15% of radish forage cake (B1), and eucalyptus saw dust briquettes with 25% corncob (B2) to mild pyrolysis, roasting and to carry out the physicochemical and energetic characterization of them. The briquettes were roasted in a reactor heated in a muffle furnace at a heating rate of  $1.7\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$  with an initial temperature equal to room temperature up to a temperature of  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , maintained for 30 min. The samples before and after roasting were characterized by immediate analysis, ASTM method (D-3172 to D-3175) and higher calorific value (PCS) according to the ABNT standard (NBR 8633). The results obtained indicated that both briquettes B1 and B2 differed statistically in their moisture content, volatile materials, fixed carbon, ash and higher calorific value when compared before and after roasting. For B1 the PCS increased from 17.42 to 27.97  $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$  and for B2 from 17.73 to 24.27  $\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Briquette B2 differed from B1 with higher PCS and lower ash content, desirable characteristics for a biofuel. It can be concluded that the roasting of briquettes produced an increase in PCS, adding value to a biofuel produced from agro-industrial co-products.

**KEYWORDS:** Biomass. Co-product. Pyrolysis. Torrefaction. Energy.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma grande extensão agrícola e florestal extremamente produtiva, com agroindústrias fortes no mercado nacional e internacional. O agronegócio brasileiro alcançou participação de 26,6% no Produto Interno Bruto (PIB) em 2020. Embora sendo o setor mais impactado pela pandemia, as agroindústrias ainda tiveram participação de 8,7% no (PIB) brasileiro (CEPEA, 2020; EMBRAPA, 2021).

Apesar do crescimento do agronegócio e sua importância para a economia do Brasil, existe uma preocupação com a quantidade e a diversidade de coprodutos agroindustriais consequentes da colheita e do processamento dos produtos agrícolas (TEIXEIRA *et al.*, 2014). Os resíduos gerados nas atividades agroindustriais podem ser chamados de coprodutos, uma vez que são matérias-primas não utilizadas de imediato e com possível emprego na alimentação animal e produção de energia.

A baixa densidade de alguns resíduos agrícolas e agroindustriais como: serragem

de madeira, casca de arroz e bagaço de cana-de-açúcar pode apresentar dificuldades operacionais de estocagem, transporte, manuseio e processamento (ERIKSSON; PRIOR, 1990; DIAS *et al.*, 2012). No entanto, existem tecnologias de conversão dessa biomassa em biocombustíveis que tornam os resíduos, coprodutos para energia (BONASSA *et al.*, 2018).

A compactação de coprodutos para a produção de briquetes e pellets é uma alternativa, pois agrega valor a essa matéria-prima e possibilita maior desenvolvimento de sua cadeia produtiva (TEIXEIRA *et al.*, 2018; NOGUEIRA; LORA, 2003).

Outra maneira de incrementar o potencial energético é através de tratamentos térmicos, como os processos de torrefação e carbonização, os quais aumentam a densidade energética e diminuem a umidade do resíduo ou biocombustível (PROTÁSSIO *et al.*, 2012 apud PRINS *et al.*, 2006).

O processo de torrefação pode ser definido como uma pirólise suave ou como uma pré-carbonização, que consiste no tratamento da biomassa a temperaturas de 200 a 300 °C na ausência de oxigênio ou com presença reduzida deste (TUMULURU *et al.*, 2011). Logo, a torrefação irá resultar em um material intermediário entre a biomassa e o carvão. Neste processo será concentrada a energia da biomassa em um produto formado em curto período de tempo, baixas taxas de aquecimento e temperaturas moderadas, permitindo reter os voláteis de maior poder calorífico no próprio produto (LUEGO; FELFLI; BEZZON, 2009).

Assim, o presente estudo teve como objetivo submeter briquetes produzidos com pó de serra de eucalipto e torta de nabo forrageiro e a partir de pó de serra de eucalipto e sabugo de milho, ao processo de torrefação, além de realizar a caracterização físico-química e energética desses.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo, utilizou-se briquetes produzidos em briquetadeira modelo Lippel BL 95/210, com 85% pó de serra de eucalipto e 15% de torta de nabo forrageiro, Briquete 1 (B1), e com 75% pó de serra de eucalipto e 25% de sabugo de milho, Briquete 2 (B2). Escolheu-se aleatoriamente briquete B1 e B2 e retirou-se por corte com serra manual três discos de 2 cm de cada.

As análises físico-químicas e energética dos briquetes foram realizadas no Laboratório de Química Orgânica e no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Paraná UFPR - Setor Palotina.

Os discos foram submetidos à torrefação em um reator aquecido em forno mufla, com taxa de aquecimento de 1,7 °C min<sup>-1</sup> até a temperatura de 300 °C, mantida durante 30 minutos, segundo metodologia adaptada de Protássio *et al.*, (2012).

A serragem obtida a partir do corte dos discos dos briquetes, chamada de *in natura*

e as amostras a partir do quarteamento dos discos submetidos a torrefação, chamadas de torrificadas foram submetidas a determinação dos teores de umidade, cinzas, materiais voláteis e carbono fixo por análise imediata segundo o método ASTM D-3.172 até D-3.175 (ASTM, 1983). O poder calorífico superior (PCS) foi determinado em bomba calorimétrica pela norma ABNT-NBR 8633 (ABNT, 1984).

Após o término das análises em laboratório os dados foram tabulados e submetidos à análise de variância (ANOVA) e posteriormente ao Teste de Tukey a um nível de significância de 95%.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 é possível visualizar o aspecto da amostra de um briquete B2 na forma *in natura*, e após passar pelo reator em forno mufla, torrificado.



Figura 1 - Briquete B2 *in natura* e torrificado.

Na tabela 1, são apresentados os valores médios para os teores de umidade (U%), cinzas (CZ%), materiais voláteis (MV%) e carbono fixo (CF%) para as amostras *in natura* e torrificadas, dos briquetes B1 e B2, respectivamente.

Amostras		Variáveis Analisadas				
		Umidade (U) (%)	Materiais Voláteis (MV) (%)	Carbono Fixo (CF) (%)	Cinzas (CZ) (%)	Poder Calorífico Superior (PCS) (MJ.kg <sup>-1</sup> )
B1	<i>In natura</i>	10,18 b	83,05 b	14,25 b	2,70 a	17,42 b
	Torrificada	2,09 a	28,62 a	65,52 a	5,86 b	27,97 a
B2	<i>In natura</i>	10,78 b	79,56 b	14,52 b	5,92 a	17,73 b
	Torrificada	4,49 a	31,49 a	54,24 a	14,27 b	24,27 a

Tabela 1 - Análise imediata e Poder Calorífico Superior para as amostras *in natura* e torrificada dos briquetes B1 e B2.

Letras iguais (à direita da média) indicam igualdade estatística a 5 % de probabilidade. Letras diferentes indicam diferença estatística a 5 % de probabilidade.

Como pode-se observar na Tabela 1, os teores de materiais voláteis e de carbono fixo são inversamente proporcionais. Durante a queima, combustíveis com elevados teores de voláteis, geralmente aqueles *in natura*, liberam vapores de água, CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> e hidrocarbonetos leves (KHAN *et al.* 2009). Essa volatilização acontece muito rápido diferente do que ocorre com combustíveis com altos teores de carbono fixo que tendem a queimar lentamente, com longo tempo de residência na fornalha para a queima total, quando comparados com combustíveis que possuem um baixo índice de carbono fixo (BRAND, 2010).

Tanto para B1 como B2 houve diferença significativa para os teores de U, MV, CF, CZ e para PCS antes e após a torrefação. Destaca-se a diminuição considerável da umidade e o aumento do PCS para B1 e B2 após torrefação.

O aumento do teor de cinzas pode ser explicado pelo fato de que, na torrefação ocorre a perda de voláteis de baixo peso molecular e os componentes inorgânicos não volatilizam, permanecendo no produto sólido final, ocorrendo assim sua concentração. Essas cinzas são indesejáveis, pois contribuem diminuindo o poder calorífico e pela sua ação abrasiva nos equipamentos metálicos e redução do tempo de vida útil dos mesmos (PROTASIO *et al.*, 2011a).

Os valores observados nas amostras *in natura* de B1 e B2 para U, MV, CF, CZ, foram de acordo com os valores propostos na literatura para a madeira de diferentes espécies de Eucalipto (BRITO; BARRICHELO, 1978; SETTE Jr. *et al.*, 2018).

Segundo a literatura de Protásio *et al.* (2011b), realizaram a compactação de briquetes de serragem de eucalipto e obtiveram uma umidade de 6,29%, e briquetes de resíduos de milho resultaram em 6,52% de umidade. Alves, Barcellos e Abud (2016), realizaram a compactação de sabugo de milho, obtendo teor de umidade de 10,92%, teor de voláteis de 88,54%, teor de carbono fixo de 9,47% e cinzas de 1,99%. Com a redução do teor de umidade, a armazenagem se torna mais viável, considerando que a probabilidade da degradação por fungos diminui (HAKKOU *et al.* 2006).

O poder calorífico da biomassa torrada dependerá do teor final de voláteis e cinzas. O teor de materiais voláteis compreende os gases desprendidos no início a combustão, como o hidrogênio, hidrocarbonetos, monóxidos de carbono e dióxido de carbono. Já o teor de cinzas corresponde aos óxidos minerais que restaram da combustão (FELFLI; LUENGO; SOLER, 2003).

Quando comparados os briquetes torreficados B1 e B2, observa-se que houve diferença significativa para as variáveis analisadas antes e após a torrefação. O briquete B2 apresentou menor teor de umidade e cinzas, e maior poder calorífico superior, resultados desejados quando se busca um biocombustível para uso energético. Segundo Araújo *et al.* (2016), a torrefação dos briquetes produz um material mais estável e com maior teor de energia, que é observado pelo aumento do poder calorífico superior após a torrefação (Tabela 1).

Amostras	Variáveis Analisadas				
	Umidade (%)	Voláteis (%)	Carbono Fixo (%)	Cinzas (%)	Poder Calorífico Superior (PCS) (MJ.kg <sup>-1</sup> )
B1	4,50 b	31,49 b	54,24 b	14,27 b	24,27 b
B2	2,09 a	28,62 a	65,52 a	5,86 a	27,97 a

**Tabela 2** - Comparação das amostras B1 e B2 torrificadas.

Letras iguais (à direita da média) indicam igualdade estatística a 5 % de probabilidade. Letras diferentes indicam diferença estatística a 5 % de probabilidade. CV%: Coeficiente de Variação.

Protásio *et al.* (2011b), realizaram a compactação de briquetes de serragem de eucalipto, onde obtiveram um poder calorífico de 18,46 MJ.kg<sup>-1</sup>. Realizaram também a compactação de briquetes de resíduos de milho e obtiveram um poder calorífico de 18,89 MJ.kg<sup>-1</sup>. Com isso, pode-se observar que os valores obtidos de PCS (*in natura*) estão próximos aos observados em literatura, o que propicia o uso dos briquetes para finalidades energéticas.

O eucalipto é amplamente utilizado, devido ao seu crescimento considerado como rápido, alta produtividade e facilidade de adaptabilidade, para produção de papel e celulose, painéis e carvão vegetal, principalmente para a indústria siderúrgica (ARAÚJO *et al.*, 2016). Considerando a proximidade dos valores de U, MV, CF, CZ e PCS deste trabalho com a literatura da madeira de eucalipto, amplamente conhecida e usada, é possível verificar que as amostras B1 e B2 podem ser utilizadas *in natura* e torrificadas, sendo que quando torrificadas, apresentam melhor desempenho energético.

## CONCLUSÃO

Conclui-se, a partir dos resultados da análise imediata e dos valores de poder calorífico obtidos, que os briquetes *in natura* apresentaram características físico-químicas e energéticas semelhantes a aquelas verificadas para briquetes de madeira usualmente comercializadas, como o eucalipto.

O tratamento que demonstrou os melhores resultados foi o tratamento B1, pois apresentou uma maior concentração de carbono fixo e maior valor energético agregado. Portanto, a aplicação do processo de torrefação apresentou-se como um método interessante para eliminar algumas desvantagens da biomassa *in natura* e incrementar o poder calorífico do biocombustível.

## REFERÊNCIAS

ALVES, D. A. H.; BARCELLOS, K. M.; ABUD, A. K. S. Caracterização de Briquetes Obtidos a partir de resíduos do beneficiamento da mandioca e do Milho. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 18, n. 1, p. 41-48, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8633: Carvão vegetal – determinação do poder calorífico**. Rio de Janeiro, 1984.

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTMD-3.172 até D-3.175: Standard Methods for proximate analysis of coal and coke**. Philadelphia, 1983.

ARAUJO, S.; BOAS, M. A. V.; NEIVA, D. M.; CARNEIRO, A. C.; VITAL, B.; BREGUEZ, M.; PEREIRA, H. **Efecto of a mild torrefaction for production of eucalypt wood briquettes under different compression pressures**. Biomass and Bioenergy. v.90, p. 181-186, 2016.

BONASSA, G.; SCHNEIDER L. T; CANEVER, V. B.; CREMONEZ.; P.A.; FRIGO, E. P.; DIETER, J., TELEKEN, J. G. **Scenarios and prospects of solid biofuel use in Brazil**. Renewable and sustainable. Energy reviews. v. 82, p. 2365–2378, 2018.

BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. **Características do eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca**. IPEF n.16, p.63-70, 1978.

CEPEA, 2020. **PIB do Agronegócio Brasileiro**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 04 jun. 2021.

DIAS, J.M.C.S.; Souza, D.; Souza, T.; Braga, M.; Onoyama, M. M; Miranda, C. H. B.; Barbosa. P. F. D.; Rocha, J. D. . **Produção de briquetes e peletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais**. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2012. 130p.

EMBRAPA, 2021. **Agroindústria**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/agroindustria>>. Acesso em: 31/05/2021.

ERIKSSON S; PRIOR M. **The briquetting of agricultural wastes for fuel**. Editora: FAO, v. 11, ed. 11, cap. 4, 1990. 131 p.

HAKKOU, M.; PÉTRISSANS, M.; GÉRARDIN, P.; ZOULALIAN, A. Investigations of the fungal durability of heat-treated beech Wood. **Polymer Degradation and Stability**, v. 91, p. 393-397. 2006.

KHAN, A. A.; JONG, W. de.; JANSSENS, P. J.; SPLIETHOFF, H. Biomass combustion in fluidized bed boilers: Potential problems and remedies. **Fuel Processing Technology**, v. 90, n.1, p. 21-50, jan. 2009.

LUENGO, C. A.; FELFLI, F. E. F.; BEZZON, G. Pirólise e Torrefação da Biomassa, In: CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa para Energia**. Campinas, SP: Unicamp, 2008. p 333.

MOTA, C. J. A.; PESTANA, C. F. M. **Co-produtos da Produção de Biodiesel**. Revista Virtual Química, v. 3, n. 5, p. 416-425, 2011.



- PROTÁSIO, T. P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G. H. D.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; GUIMARÃES JÚNIOR, M. **Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal**. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 31, n. 66, p. 122 -133, 2011a
- PROTÁSIO, T. P.; ALVES, I. C. N.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; BALIZA, A. E. R. **Compactação de biomassa vegetal visando à produção de biocombustíveis sólidos**. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 31, p. 273-283, 2011b.
- PROTÁSIO, T. P.; BUFALINO, L.; MENDES, R. F.; RIBEIRO, M. X.; TRUGILHO, P. F.; LEITE, E. R. S. **Torrefação e carbonização de briquetes de resíduos do processamento dos grãos de café**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v. 16, n. 11, p.1252-1258, 03 ago. 2012.
- SETTE-Jr., C. R.; HANSTED, A. L. S.; NOVAES, E.; LIMA, P. A. F.; RODRIGUES, A. C.; SANTOS, D. R. S.; YAMAJI, F. M. **Energy enhancement of the eucalyptus bark by briquette production**. Industrial Crops & Products v.122, p. 209–213, 2018.
- TEIXEIRA, V. L.; CARNEIRO, A. de C. O.; EVARISTO, A. B.; FARIA, B. de F. H. de; DONATO, D. B.; MAGALHÃES, M. A. de. Potencial of macaúba epicarp (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Martius) for briquetes production. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 48, n.4, p. 563-572, out./dez. 2018.
- TEIXEIRA, U. H. G.; SIMONI, T. A.; PINA, D. S.; GOMES, F. J.; PAULA, D. C.; BOTINI, L. A. Potencial de utilização de co-produtos agroindustriais para suplementos. **Revista Eletrônica Nutritime** – ISSN 1983-9006. v. 11, n. 02, p. 3363– 3386. 2014.
- TUMULURU, J. S.; SOKHANSANJ, S.; HESS, J. R.; WRIGHT, C. T.; boardman, R. D. **A review on biomass torrefaction process and product properties for energy applications**. Industrial Biotechnology. v.4, n. 5, p.384-401, 2011,
- WILHEM, H. M.; DOMINGOS, A. K.; RAMOS, L. P. Processo de Etanolise em Meio Alcalino do Óleo Bruto de Nabo Forrageiro. In: **Anais**. CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1., 2006, Brasília. Anais. Brasília: MCT, 2006.
- ZHU, L. W.; ZHAO, P.; WANG, Q.; NI, G. Y.; NIU, J. F.; ZHAO, X. H.; ZHANG, Z. Z.; ZHAO, P. Q.; GAO, J. G.; HUANG, Y. Q.; GRUC, D. X.; ZHANG, Z. F. Stomatal and hydraulic conductance and water use in a eucalypt plantation in Guangxi, southern China. **Agricultural and Forest Meteorology**. v. 202, p. 61– 68, 2015.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aço Carbono 11, 71

Adsorção 9, 10, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 61, 78, 157

Adsorvato 43, 44, 46

Adsorvente 10, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 58

Agroindustriais 12, 73, 74, 78, 110, 111, 118, 119, 124, 125, 151

Agronegócio 119, 124, 153

Águas Subterrâneas 11, 12, 13, 14, 15, 23, 24, 25, 26

Analito 39, 45, 46, 47

Ânodo 84, 141

Atividade Enzimática 94, 102, 106, 107

### B

Bactérias 12, 15, 29, 141, 142

Biocatalisadores 96

Biocombustível 119, 120, 122, 123, 147

Bioconversão 94, 96

Biodegradáveis 41, 71, 73, 76, 86

Biofilme 141, 142

Biogás 9, 12, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 137, 138

Biomassa 9, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 138, 144, 145, 146, 149, 150, 151

Biotecnologia 94, 95, 100, 110

Briquetes 9, 12, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151

### C

Carbonização 120, 125, 145, 146, 151

Carvão Ativado 9, 10, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58

Cátodo 141

Células Combustíveis 9, 141

Celulose 61, 78, 98, 100, 106, 123, 147, 148, 181, 182, 183

Combustíveis Fósseis 126, 141

Contaminação Ambiental 60

Corante 9, 11, 49, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 106

Corpo Humano 12, 14, 41

Corpos Hídricos 41

Corrosão 9, 11, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 91, 93, 170

## **D**

Desreguladores endócrinos 52, 59

## **E**

Efluentes Líquidos 12

Eletrodo 71, 75, 84, 86, 88, 91, 141, 142, 171

Enzimas 14, 94, 95, 98, 99, 100, 101, 103, 108, 109, 155, 171

## **F**

Fibras 9, 13, 61, 86, 97, 101, 181, 182, 183, 184, 185

Fungos 9, 11, 94, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 107, 109, 110, 122

## **G**

Galvanização 84

Grupos Funcionais 42, 44, 47, 86, 115, 170

## **H**

Hormônio 10, 51, 52, 53, 58, 98

## **I**

Impacto Ambiental 12, 13, 41

Isotermas de adsorção 53, 57

## **L**

Lençol Freático 10, 11, 13, 14, 15, 25

## **M**

Materiais Renováveis 94

Meio Ambiente 14, 17, 25, 26, 28, 29, 41, 48, 49, 52, 59, 80, 84, 92, 95, 142

Metabólitos 95

Metais Pesados 11, 26, 41, 49

Micro-Organismos 9, 95, 99, 155

Micropoluentes Inorgânicos 11

## **N**

Nanopartículas 13, 169, 170, 171, 174

Necrochorume 11, 12, 13, 14, 15, 25, 26

## **O**

Oxidação Fotoquímica 60

Oxirredução 41, 71, 92

## **P**

Peletização 145

Pirólise 12, 118, 119, 120, 124, 145, 146

Potabilidade 41

Processos Biotecnológicos 9, 69, 94, 95, 100, 109

Processos Químicos 72, 95, 127, 129, 145, 147

## **R**

Recursos Hídricos 13

Resíduos Lignocelulósicos 94, 101, 144, 151

## **S**

Silanos 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Sistema de elutriação 12, 140, 141

Solo 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 41, 98, 99

Superfície Metálica 85

## **T**

Torrefação 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151

Toxicidade 48, 61, 73, 84

Tratamento de efluentes industriais 41

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## 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)



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

# COLEÇÃO **DESAFIOS** DAS **ENGENHARIAS:**

## 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)



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