

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	
Prof ^a Dr ^a 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	2021 by Atena Editora
Imagens da capa	Copyright © Atena Editora
iStock	Copyright do Texto © 2021 Os autores
Edição de arte	Copyright da Edição © 2021 Atena Editora
Luiza Alves Batista	Direitos para esta edição cedidos à Atena
Revisão	Editora pelos autores.
Os 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

Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a Dr^a Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Elio 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^a Dr^a 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 Cândido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^a Dr^a Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Diocléia 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. Fágnier Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^a Dr^a Gílrene 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^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^a Dr^a Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Prof^a Dr^a Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^a Dr^a Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Prof^a Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^a Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^a Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Prof^a Dr^a Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a Dr^a Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^a Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto 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
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 da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Prof^a Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Welma Emídio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
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 Gonçalo 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

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. Declararam 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

Analu 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^{2+}) 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 17β -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 Girotto
Mauricio Khenaifes
Mara Heloisa Neves Olsen Scaliante

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

CAPÍTULO 6.....60

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO UV/H₂O₂ 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 ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS BRASILEIROS**

Maurício Zimmer Ferreira Arlindo

Andressa Rossatto

Taiana Denardi de Souza

Christiane Saraiva Ogrodowski

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

CAPÍTULO 11.....118**PIRÓLISE SUAVE DE BRIQUETES DE COPRODUTOS AGROINDUSTRIAS**

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 Ogrodowski

 <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 Barreto 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

Thágóor 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

CAPÍTULO 7

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 06/04/2021

Stéfany Saraiva Viana

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – BA

<http://lattes.cnpq.br/5170059301984086>

Gabriel Abelha Carrijo Gonçalves

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – BA

<http://lattes.cnpq.br/7024935986388318>

Lhaira Souza Barreto

Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE

<http://lattes.cnpq.br/6181792853510077>

Miriam Sanae Tokumoto

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – BA

<http://lattes.cnpq.br/1369361529712124>

Fernando Cotting

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – MG

<http://lattes.cnpq.br/3373558974232568>

Vera Rosa Capelossi

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – BA

<http://lattes.cnpq.br/0713486577039303>

destaca-se o uso de inibidores de corrosão, que são substâncias que atuam nas reações de oxirredução que ocorrem na dupla camada elétrica do eletrodo. A procura de inibidores alternativos surgiu devido à necessidade de que tais compostos sejam biodegradáveis, menos nocivos e que, preferencialmente, sejam provenientes de fontes renováveis. Estes compostos geralmente são de baixo custo e apresentam eficiência de inibição de corrosão comparável ao de substâncias já usualmente utilizadas. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o pó da fibra da casca do coco verde (*Cocos nucifera L.*) como inibidor natural de corrosão em concentrações de 0,44 g.L⁻¹ a 1,77 g.L⁻¹ sobre o aço carbono AISI 1008 em meio de HCl 0,5mol.L⁻¹. A eficiência de inibição foi determinada por ensaios gravimétricos de perda de massa, enquanto que a resistência à corrosão foi avaliada utilizando-se tanto a espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE), quanto as curvas de polarização potenciodinâmicas (CPP). Por fim, a análise morfológica do metal foi realizada por meio da microscopia óptica (MO). A eficiência de inibição aumentou com o aumento da concentração do inibidor no eletrólito, indicando que a máxima concentração avaliada (1,77 g.L⁻¹) foi a que apresentou a maior eficiência de inibição (90,5 %). Comportamento semelhante foi observado quanto a resistência à corrosão. Esta mesma concentração proporcionou maior proteção ao substrato conforme observado nos ensaios de EIE e nas análises das CPP, reduzindo ainda a quantidade de produto de corrosão, conforme evidenciado pela MO. O composto atuou tanto nas reações

RESUMO: Dentre as diversas técnicas que podem ser empregadas para diminuir o processo de degradação de materiais metálicos,

anódicas quanto nas catódicas, permitindo a sua classificação como inibidor misto. Portanto, o pó da fibra da casca do coco verde pode atuar como inibidor natural de corrosão sobre o aço carbono AISI 1008 nas condições avaliadas.

PALAVRAS - CHAVE: Corrosão, Inibidor Natural, EIE, Ensaios Gravimétricos, Coco Verde.

EVALUATION OF GREEN COCONUT SHELL FIBER POWDER AS NATURAL CORROSION INHIBITOR ON CARBONSTEEL IN ACIDIC MEDIUM

ABSTRACT: The use of corrosion inhibitors is one of the most used technique to protect metallic materials against corrosion degradation. They are compounds that can act on the redox reactions that occur at the double layer of the electrode. Efforts have been made to investigate new eco-friendly compounds that can be used as corrosion inhibitor. These compounds are biodegradable, less harmful, low cost and obtained from renewable sources. Thus, this work aimed to evaluate the green coconut shell fiber powder (*Cocos nucifera L.*) as a natural corrosion inhibitor on AISI 1008 carbon steel in aqueous solution of HCl 0,5 mol.L⁻¹. The inhibition efficiency was obtained by gravimetric tests. The corrosion resistance was evaluated by both electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and potentiodynamic polarization curves (PPC). The surface morphology of the substrate was analyzed by optical microscope (OM). The inhibition efficiency increased as increasing the inhibitor's concentration. The maximum concentration evaluated (1.77 g.L⁻¹) reached the highest inhibition efficiency (90.5 %). This behavior was observed at the corrosion resistance analyses. The concentration of 1.77 g.L⁻¹ provided the greater corrosion protection by the EIS and PPC tests. A lesser amount of corrosion products was observed by the OM micrographs on the substrate surface when this compound was used. This compound acted in both anodic and cathodic reactions, being classified as mixed-type corrosion inhibitor. Therefore, the green coconut shell fiber powder can act as natural corrosion inhibitor on AISI 1008 carbon steel at these conditions evaluated.

KEYWORDS: Corrosion, Natural Inhibitor, EIS, Gravimetric Tests, Green Coconut.

1 | INTRODUÇÃO

As ligas de aço carbono são amplamente utilizadas em diversos setores (mercado automotivo, construção civil, implementos agrícolas e eletroeletrônicos no geral) devido a uma gama de características como boa resistência mecânica, excelente conformabilidade e soldabilidade atrelados a um baixo custo (SULAIMAN et al., 2019). Todavia este versátil material possui baixa resistência à corrosão na maioria dos meios em que é comumente empregado (CHIGONDO; CHIGONDO, 2016).

O fenômeno da corrosão é de ocorrência natural e está diretamente relacionado com a deterioração do metal devido a processos químicos ou eletroquímicos com ou sem esforços mecânicos envolvidos (WANG et al., 2019). Além dos impactos econômicos e artísticos/ históricos que são atribuídos ao fenômeno corrosivo (KOCH, 2017; SABA; QUIÑONES-BOLAÑOS; MARTÍNEZ BATISTA, 2019), o mesmo é considerado um dos principais fatores quanto à perda de segurança dos mais diversos equipamentos, ferramentas, edificações

e construções, podendo ocasionar sérios desastres (ALEF; BARIFCANI, 2020; NAM et al., 2018).

Um dos métodos de proteção contra o avanço da corrosão está relacionado ao uso de inibidores de corrosão(BARRETO et al., 2017, 2018; JESUS et al., 2020; SANTOS et al., 2020). Estes podem ser substâncias isoladas ou um conjunto de substâncias com ação sinérgica (LOTO, 2014; LOTO; LOTO, 2013) que quando adicionados em pequenas proporções possuem a capacidade de inibir ou retardar a interação do material com o meio onde o mesmo se encontra(ASAN; ASAN, 2020), elevando, desta forma, o tempo de vida útil do metal e a segurança operacional(NAM et al., 2018).

Nam et al. (2018) destacam que estas substâncias podem ser classificadas quanto a sua natureza química (inorgânica ou orgânica); comportamento (oxidantes ou não-oxidantes); e ainda quanto ao mecanismo de ação (inibidores catódicos, anódicos, mistos e ainda adsortivos). Geralmente os inibidores inorgânicos atuam tanto como inibidores catódicos quanto como anódicos. Já os orgânicos além de poderem atuar como inibidores catódicos e/ou anódicos, também são capazes de formar uma película adsorvida na superfície do material, tendo esta última classe de inibidores atraído especial atenção(SULAIMAN et al., 2019; UMOREN et al., 2019).

Estes compostos apresentam em sua constituição longas moléculas de hidrocarbonetos funcionalizadas, como diversos ácidos graxos, aminas orgânicas, flavonóides, polifosfatos e alcalóides com a presença abundante de heteroátomos (N, O e S) em sua cadeia molecular(SULAIMAN et al., 2019). Devido a essa estrutura, tais compostos podem facilmente serem adsorvidos na superfície do metal(JESUS et al., 2020; SANTOS et al., 2020). Como resultado desta interação, é observado a redução da taxa de corrosão deste material.

Muitos dos inibidores utilizados atualmente apresentam elevada toxicidade que podem resultar em problemas e riscos tanto ambientais quanto ao ser humano(LOTO et al., 2018). Assim, tem-se realizado diversos estudos pela comunidade científica com compostos oriundos de fontes naturais e renováveis que possam ser abundantes, biodegradáveis e apresentarem tanto baixo custo quanto baixa ou nula toxicidade(UMOREN et al., 2019). Dessa forma, o estudo de inibidores naturais de origem vegetal tem crescido nos últimos anos, com especial destaque aos inibidores naturais oriundos de resíduos agroindustriais(LOTO; LOTO, 2019; MOBIN; BASIK; ASLAM, 2019; POPOOLA, 2019) potentiodynamic polarization measurement (PDP).

Neste cenário, pode-se destacar o uso da fibra da casca do coco verde, fruto do coqueiro (*Cocos nucifera L.*), subproduto de fácil obtenção das regiões costeiras do Brasil. Devido a presença de moléculas com potencial antioxidantes, como a lignina e taninos, por exemplo, a fibra da casca do coco verde apresenta elevado potencial de uso como inibidor natural de corrosão(MOTHÉ; MIRANDA, 2009; UMOREN et al., 2012).

Assim, este trabalho visou avaliar o pó da fibra da casca do coco verde como

inibidor natural de corrosão sobre o aço carbono AISI 1008 em meio contendo HCl 0,5 mol.L⁻¹ por meio de técnicas gravimétricas e ensaios eletroquímicos que consistiram na análise da espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) e das curvas de polarização potenciodinâmicas (CPP). Ao final, a morfologia do substrato foi analisada por microscopia óptica (MO).

2 | METODOLOGIA

Foi utilizado como substrato o aço carbono AISI 1008, tendo a sua superfície tratada com lixas d'água nas granulometrias de 80, 120, 320, 400, 500, 600 e 1200. Ao final do processo de lixamento, o substrato foi submetido a sucessivas lavagens (água destilada, acetona e etanol), sendo seco com corrente de ar quente e armazenado em dessecador de amostras.

O inibidor natural de corrosão foi obtido a partir da casca de cocos verdes oriundos da região litorânea do município de Ilhéus-BA, conforme esquema apresentado na Figura 01. O material particulado obtido após a peneira de 170 *mesh* denominou-se de pó da fibra da casca do coco verde.

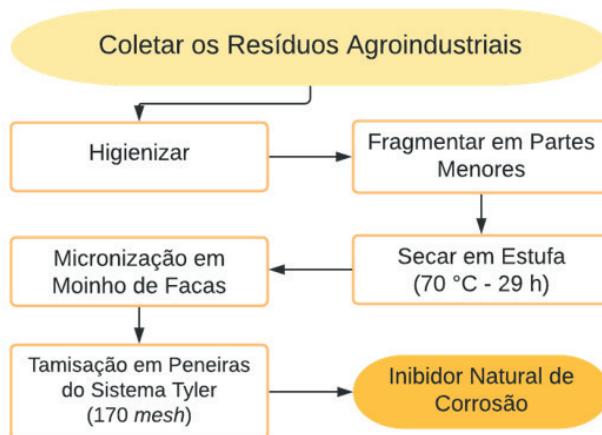


Figura 01 – Esquema de preparo do pó a ser utilizado como inibidor natural de corrosão a partir dos resíduos agroindustriais.

Os ensaios gravimétricos de perda de massa foram realizados em conformidade com a norma ASTM G1. Os ensaios consistiram na imersão do substrato em solução aquosa de HCl 0,5 mol.L⁻¹ na ausência e na presença do inibidor de corrosão. As concentrações estudadas de inibidor de corrosão foram: 0,44g.L⁻¹, 1,11 g.L⁻¹ e 1,77g.L⁻¹. Os substratos ficaram imersos pelo período de 2 h, tendo sido realizado em triplicata para cada condição avaliada. Salienta-se que as amostras foram pesadas antes e após o ensaio em balança

analítica com precisão de $\pm 0,1$ mg.

Os ensaios eletroquímicos foram realizados em um potenciómetro/galvanostato PGSTAT302N da Metrohm Autolab controlado pelo software NOVA 1.11. O sistema consistiu em um eletrodo de referência de Ag/AgCl/KCl sat, um contra eletrodo de titânio revestido com ródio, e como eletrodo de trabalho foi utilizado o aço carbono AISI 1008, com área exposta de 1 cm^2 . Os ensaios foram realizados em triplicata, a uma temperatura de 25°C , em sistema não agitado e não aerado, empregando como eletrólito a solução aquosa de $\text{HCl} 0,5\text{ mol.L}^{-1}$, na presença e na ausência do inibidor de corrosão.

Inicialmente foi realizada a determinação do potencial de circuito aberto (E_{CA}) por 90 min, para verificar a estabilização do potencial de corrosão. Em seguida, obteve-se as medidas de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE), utilizando o intervalo de frequência de 100 kHz a 10 mHz com 10 pontos.década $^{-1}$ e amplitude de 10 mV em relação ao E_{CA} . Por fim, as curvas de polarização potenciodinâmicas (CPP) foram obtidas no intervalo de sobretensão em relação E_{CA} de -30 mV a +250 mV (ramo anódico) e de -250 mV a +30 mV (ramo catódico), com velocidade de varredura igual a $0,5\text{ mV.s}^{-1}$.

A superfície do aço carbono AISI 1008 foi avaliada por microscopia óptica (MO) com auxílio de estereomicroscópio Leica S9, controlado pelo software Leica Application Suite. O substrato foi analisado antes e após a imersão no eletrólito, na ausência e na presença do inibidor natural de corrosão na melhor condição identificada pelos ensaios gravimétricos e eletroquímicos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise dos Ensaios Gravimétricos

Os resultados apresentados na Tabela 01 foram calculados utilizando os dados obtidos por meio do ensaio de perda de massa. A taxa de corrosão, C_t , foi determinada por meio da Equação 01, onde m_i e m_f tratam-se da variação da massa do substrato (g), S trata-se da área do substrato exposta ao eletrólito (cm^2) e t é o tempo de exposição do substrato (s).

$$C_t = \frac{m_i - m_f}{S \cdot t} \quad \text{Equação 01}$$

Empregando a taxa de corrosão determinada previamente foi possível calcular a densidade de corrente de corrosão, i_{corr} , por meio da Equação 02, onde leva-se em consideração a constante de Faraday ($F = 96485,33\text{ s.A.mol}^{-1}$) e o equivalente gramade metal ($Eq_{\text{metal}} = 27,93\text{ g}$), considerando o do Fe.

$$i_{\text{corr}} = \frac{C_t \cdot F}{Eq_{\text{metal}}} \quad \text{Equação 02}$$

A taxa de corrosão também pode ser empregada para se determinar a eficiência de inibição de um determinado composto, η , por meio da Equação 03, onde leva-se em consideração a taxa de corrosão na ausência do inibidor, C_{t_0} , e na presença do inibidor, C_{t_i} .

$$\eta = \left(1 - \frac{C_{t_i}}{C_{t_0}} \right) \cdot 100 \quad \text{Equação 03}$$

Concentração do Inibidor Natural de Corrosão (g.L ⁻¹)	$C_t \times 10^{-6}$ (g.cm ⁻² .h ⁻¹)	i_{Corr} (A.cm ⁻²)	η (%)
Branco	278,4	0,096	-
0,44	5,9	0,020	78,9
1,11	3,4	0,012	87,9
1,77	2,6	0,009	90,5

Tabela 01 –Taxa de corrosão (C_t), densidade de corrente de corrosão (i_{Corr}) e eficiência de inibição (η) calculados por meio dos ensaios gravimétricos para o aço carbono AISI 1008 após 2 h de imersão solução aquosa de HCl 0,5 mol.L⁻¹ na ausência e na presença do pó da fibra da casca do coco verde como inibidor natural de corrosão.

Avaliando os dados apresentados na Tabela 01, observa-se que a presença do pó da fibra da casca do coco verde no eletrólito promoveu a redução da taxa de corrosão e da densidade de corrente de corrosão a medida em que se aumentou a concentração do mesmo na solução. Portanto, o aumento da concentração do inibidor no meio promoveu o aumento da eficiência de inibição.

Os inibidores naturais de corrosão adsorvem-se nos sítios ativos do substrato dificultando as reações de troca de elétrons em sua superfície, bloqueando, assim, os sítios eletroquimicamente ativos (NAM et al., 2018; SANTOS et al., 2020). Desta forma, o aumento da concentração destes compostos tende a aumentar a taxa de sítios não disponíveis até o ponto de saturação.

3.2 Análise dos Ensaios Eletroquímicos

3.2.1 Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE)

A partir da análise dos resultados apresentados no diagrama de Nyquist (Figura 02a), observa-se que a presença do pó da fibra do coco verde no meio não modificou o mecanismo de corrosão do substrato, tendo apresentado o mesmo perfil de curva na situação em que tal composto não estava presente(MOBIN; BASIK; ASLAM, 2019). Nota-se que à medida que se aumentou a concentração do inibidor natural de corrosão, o diâmetro do semiarco capacitivo também aumentou, sendo este o comportamento usualmente reportado para os inibidores provenientes de plantas e resíduos biodegradáveis (BARRETO et al., 2017, 2018; JESUS et al., 2020).

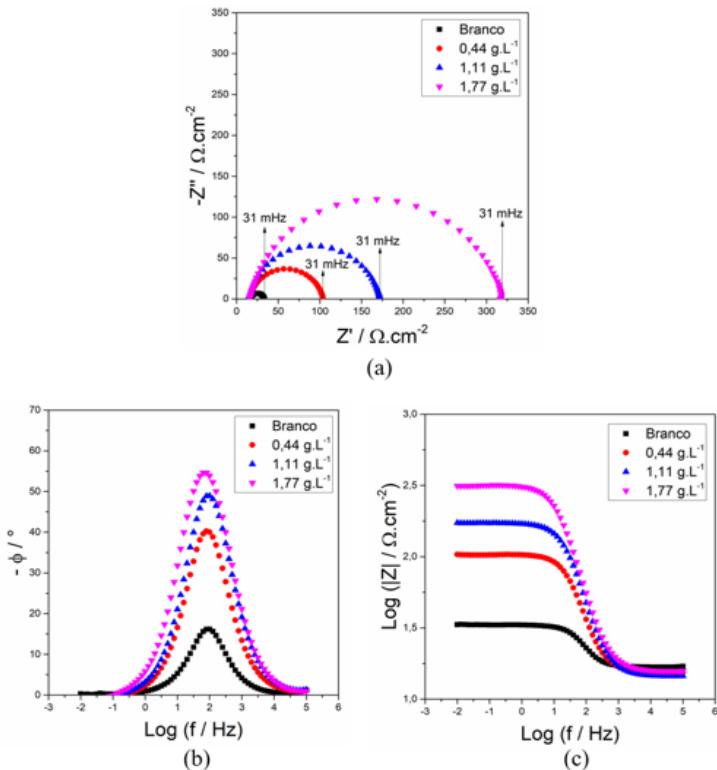


Figura 02 – Diagramas de EIE obtidos após 90 min de imersão em HCl 0,5 mol.L⁻¹ para o aço carbono AISI 1008 na presença e na ausência do pó da fibra da casca do coco verde em diferentes concentrações, sendo (a) diagrama de Nyquist; (b) diagrama de Bode contendo o ângulo de fase; e (c) o diagrama de Bode contendo o logaritmo do módulo de impedância.

Tal comportamento indica que a presença deste composto no meio promoveu o aumento da proteção do metal frente aos fenômenos corrosivos. Corroborando com os resultados expostos nos ensaios gravimétricos, a máxima resistência à corrosão foi obtida na concentração de 1,77 g.L⁻¹ do pó da fibra da casca do coco verde, sendo ainda mais evidente ao se analisar o diagrama de Bode contendo o logaritmo do módulo de impedância (Figura 02c).

Destaca-se por meio do diagrama de Bode contendo o ângulo de fase (Figura 02b) a presença de uma única constante de tempo. Desta forma, o processo interfacial é controlado por meio da transferência de carga tanto na ausência quanto na presença do composto. Assim, o mecanismo de proteção promovido pelo pó da fibra do coco verde é devido ao bloqueio dos sítios eletroquimicamente ativos, dificultando a troca de elétrons entre a superfície do metal e o meio (SANTOS et al., 2020), resultando, desta forma, no aumento do ângulo de fase com o aumento da concentração deste inibidor natural de corrosão.

3.2.2 Curvas de Polarização Potenciodinâmicas (CPP)

Estão presentes na Figura 03 tanto o ramo catódico quanto o ramo anódico na ausência e na presença do pó da fibra da casca do coco verde em diferentes concentrações. Destaca-se que, de modo análogo ao reportado nos ensaios da EIE, a presença do inibidor no meio não promoveu mudança no perfil da curva obtida, indicando que não houve alteração quanto ao mecanismo de corrosão do aço carbono AISI 1008. No entanto, a presença do inibidor promoveu o deslocamento tanto do ramo catódico quanto do ramo anódico das curvas de polarização para valores de potencial, no geral, menos negativos, sugerindo que os mesmos reduziram a atividade corrosiva do substrato.

As densidades de corrente de corrosão tanto no ramo anódico quanto no ramo catódico também sofrerem redução quando se compara o aço AISI 1008 na presença e na ausência do pó da fibra da casca do coco verde, sendo possível estabelecer a diminuição da mesma com o aumento da concentração do inibidor. Desta forma, torna-se plausível considerar que a presença do inibidor no meio tende a inibir tanto as reações anódicas de dissolução do substrato, quanto as reações catódicas de evolução de hidrogênio, permitindo a classificação do pó da fibra do coco verde como um inibidor misto. Tal comportamento é comumente reportado para outros inibidores provenientes de plantas ou de resíduos agroindustriais (JESUS et al., 2020; MOBIN; BASIK; ASLAM, 2019; SANTOS et al., 2020).

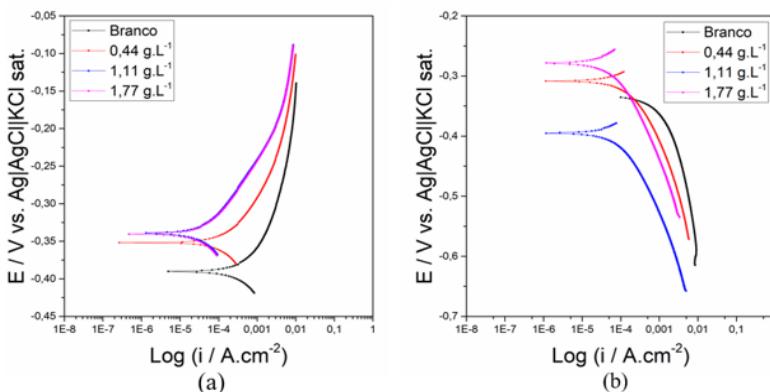


Figura 03 – Curvas de Polarização Potenciodinâmicas obtidas após 105 min de imersão em HCl 0,5 mol.L⁻¹ para o aço AISI 1008 na presença e na ausência do pó da fibra da casca do coco verde em diferentes concentrações, sendo (a) o ramo anódico; (b) o ramo catódico.

Salienta-se que a diminuição da densidade de corrente de corrosão tanto anódica quanto catódica pode ser atribuída à adsorção de moléculas liberadas do inibidor nos sítios eletroquimicamente ativos do substrato (SANTOS et al., 2020). A fibra do coco verde possui em sua constituição majoritariamente moléculas de celulose, hemicelulose e lignina (MOTHÉ; MIRANDA, 2009). As mesmas são longas cadeias de hidrocarbonetos cílicos

que apresentam em sua constituição o oxigênio como principal heteroátomo presente, conferindo potencial antioxidante às moléculas (GUILHEN et al., 2017).

3.3 Análise da Morfológica

A análise morfológica foi realizada utilizando o microscópio óptico (MO), estando presente na Figura 04 o aço carbono AISI 1008 antes e após a imersão em solução aquosa de HCl 0,5 mol.L⁻¹ por 2 h na ausência e na presença do pó da fibra da casca do coco verde na concentração do inibidor na melhor condição identificada (1,77 g.L⁻¹). Salienta-se que alguns pontos indicativos da degradação proveniente da corrosão estão indicados nas próprias micrografias.

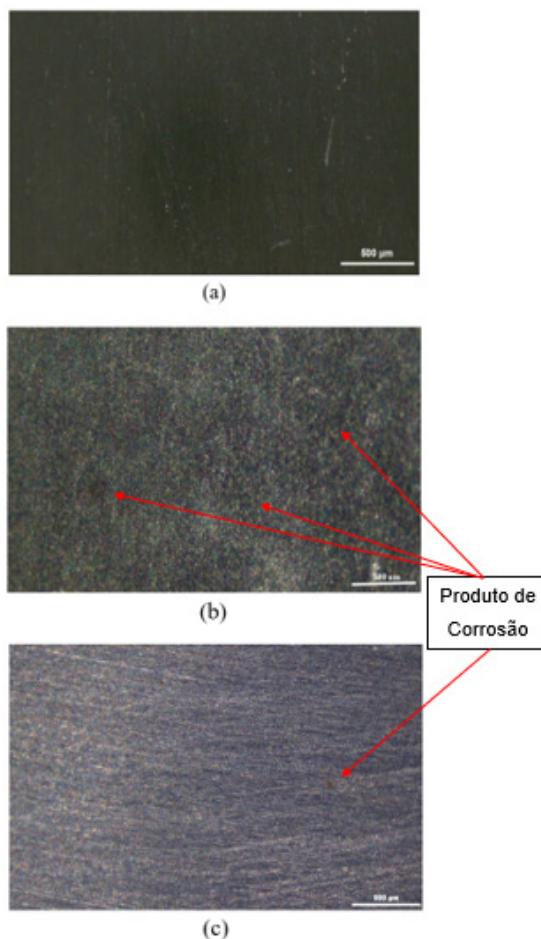


Figura 04 – Micrografias com 50x (escala de 500 µm) de ampliação obtidas via Microscopia Óptica (MO), sendo (a) o aço AISI 1008 antes da imersão; (b) o aço AISI 1008 após 2 h imersão em solução aquosa de HCl 0,5 mol.L⁻¹ na ausência do pó da fibra da casca do coco verde; e (c) o aço AISI 1008 após 2 h de imersão em solução aquosa de HCl 0,5 mol.L⁻¹ na presença de 1,77 g.L⁻¹ do pó da fibra da casca do coco verde.

Por meio das micrografias é evidente a presença de alguns riscos na superfície que são devidos à abrasão das lixas utilizadas no tratamento da superfície do substrato (Figura 04a). Ao se avaliar o substrato após imersão na ausência do inibidor é observada a corrosão generalizada devido ao ataque ácido. A presença dos óxidos decorrentes da corrosão do substrato tornou a superfície com maior rugosidade (Figura 04b). No entanto, a proteção do aço AISI 1008 conferida pelo inibidor foi notada. Ao se utilizar o inibidor em sua melhor concentração identificada anteriormente, o substrato aparenta, ao final do ensaio, ter menor rugosidade e aspereza superficial, indicando menor formação de produtos de corrosão (Figura 04c).

4 | CONCLUSÕES

A resistência à corrosão do aço AISI 1008 aumentou com o aumento da concentração do pó da fibra da casca do coco verde, indicando que o mesmo pode ser utilizado como inibidor natural de corrosão sobre o aço carbono. A concentração de $1,77 \text{ g.L}^{-1}$ foi a que apresentou a maior eficiência de inibição (90,5 %), como também a maior resistência à corrosão tanto nos ensaios de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) quanto na análise das curvas de polarização potenciodinâmicas (CPP) decorrente da redução da densidade de corrente de corrosão tanto anódica quanto catódica, o que permite a classificação deste inibidor natural de corrosão como do tipo misto. Também foi observada a proteção do aço carbono AISI 1008 por meio de micrografias provenientes da microscopia óptica (MO), onde menor quantidade de produtos de corrosão foram observados no substrato exposto em ambiente ácido contendo $1,77 \text{ g.L}^{-1}$ do pó da fibra da casca do coco verde.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências de fomento CNPq, CAPES e FAPESB pelas bolsas de iniciação científica e mestrado, como também à PROPP/UESC pelo auxílio financeiro; à Usiminas S.A. pelo fornecimento do aço AISI 1008; ao Centro de Microscopia Eletrônica da Universidade Estadual de Santa Cruz (CME/UESC, BA, BR) pelas análises de Microscopia Óptica; e ao Laboratório de Materiais e Meio Ambiente da Universidade Estadual de Santa Cruz (LAMMA/UESC, BA, BR) pelo suporte, insumos e equipamentos que possibilitaram a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALEF, K.; BARIFCANI, A. **Effect of N-methyl-diethanolamine and film forming corrosion inhibitor on gas hydrate, and empirical modeling for degradation.** Journal of Petroleum Science and Engineering, v. 184, n. September 2019, p. 106522, 2020.
- ASAN, G.; ASAN, A. **Inhibitor effect of nicotinamide on corrosion of aluminum.** Journal of Molecular Structure, v. 1201, 2020.
- BARRETO, L. S. et al. **Evaluation of the anticorrosion performance of peel garlic extract as corrosion inhibitor for ASTM 1020 carbon steel in acidic solution.** Matéria (Rio de Janeiro), v. 22, n. 3, 10 ago. 2017.
- BARRETO, L. S. et al. **Study and Assessment of the Efficiency of the Cocoa Bark Extracted from the Theobroma Cacao as an Inhibitor of the Corrosion of Carbon Steel in Substitution of Benzotriazole.** Materials Research, v. 21, n. 1, p. 1–9, 30 nov. 2018.
- CHIGONDO, M.; CHIGONDO, F. **Recent Natural Corrosion Inhibitors for Mild Steel: An Overview.** Journal of Chemistry, v. 2016, p. 1–7, 2016.
- GUILHEN, A. et al. **High-density green polyethylene biocomposite reinforced with cellulose fibers and using lignin as antioxidant.** Journal of Applied Polymer Science, v. 45219, p. 1–10, 2017.
- JESUS, M. E. S. DE et al. **Evaluation of Efficiency of Avocado Seed Powder (*Persea Americana*) As a Corrosion Inhibitor in Sae 1008 Carbon Steel in Acidic Medium.** Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 10, p. 77197–77215, 2020.
- KOCH, G. **Trends in Oil and Gas Corrosion Research and Technologies: Production and Transmission.** 1st Editio ed. Cambridge, MA, USA: Elsevier, 2017.
- LOTO, C. A. **Synergism of *Saccharum officinarum* and *Ananas comosus* extract additives on the quality of electroplated zinc on mild steel.** Research on Chemical Intermediates, v. 40, n. 5, p. 1799–1813, 2014.
- LOTO, C. A.; LOTO, R. T. **Effect of dextrin and thiourea additives on the zinc electroplated mild steel in acid chloride solution.** International Journal of Electrochemical Science, v. 8, n. 12, p. 12434–12450, 2013.
- LOTO, C. A.; LOTO, R. T. **Inhibition and Adsorption Effects of *Lavandula* and *Ricinus communis* Oils on Mild Steel Corrosion in H₂SO₄.** Journal of Chemical Technology and Metallurgy, v. 54, n. 6, p. 1352–1360, 2019.
- LOTO, R. T. et al. **Synergistic effect of benzonitrile and benzothiazole on the corrosion inhibition of 316 stainless steel in 6m hcl solution.** Minerals, Metals and Materials Series, v. Part F12, p. 901–908, 2018.
- MOBIN, M.; BASIK, M.; ASLAM, J. **Pineapple stem extract (Bromelain) as an environmental friendly novel corrosion inhibitor for low carbon steel in 1 M HCl.** Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, v. 134, p. 595–605, 2019.

MOTHÉ, C. G.; MIRANDA, I. C. **Characterization of Sugarcane and Coconut Fibers by Thermal Analysis and FTIR.** Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, v. 97, p. 661–665, 2009.

NAM, N. D. et al. **A study on the mixed corrosion inhibitor with a dominant cathodic inhibitor for mild steel in aqueous chloride solution.** Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, v. 91, p. 556–569, 2018.

POPOOLA, L. T. **Progress on pharmaceutical drugs, plant extracts and ionic liquids as corrosion inhibitors.** Heliyon, v. 5, n. 2, p. e01143, 2019.

SABA, M.; QUIÑONES-BOLAÑOS, E. E.; MARTÍNEZ BATISTA, H. F. **Impact of environmental factors on the deterioration of the Wall of Cartagena de Indias.** Journal of Cultural Heritage, v. 39, p. 305–313, 2019.

SANTOS, A. M. et al. **Evaluation of Palm Kernel Cake Powder (*Elaeis guineensis* Jacq.) as Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in Acidic Media.** Metals and Materials International, n. 0123456789, 18 jan. 2020.

SULAIMAN, K. O. et al. **Understanding the corrosion inhibition of mild steel by selected green compounds using chemical quantum based assessments and molecular dynamics simulations.** Journal of Molecular Liquids, v. 279, p. 342–350, 2019.

UMOREN, S. A. et al. **Coconut coir dust extract: A novel eco-friendly corrosion inhibitor for Al in HCl solutions.** Green Chemistry Letters and Reviews, v. 5, n. 3, p. 303–313, 2012.

UMOREN, S. A. et al. **A critical review on the recent studies on plant biomaterials as corrosion inhibitors for industrial metals.** Journal of Industrial and Engineering Chemistry, vol. 76, p. 91-115, 2019.

WANG, C. et al. **Modified chitosan-oligosaccharide and sodium silicate as efficient sustainable inhibitor for carbon steel against chloride-induced corrosion.** Journal of Cleaner Production, v. 238, p. 117823, 2019.

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

COLEÇÃO

DESAFIOS

DAS

ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA



🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

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

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