

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	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

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^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 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^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 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
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 (POLITEREFALATO 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 AGROINDUSTRIAIS**

Amanda de Araújo Drago

Viktória 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**

Viktória 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 8

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

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 06/04/2021

Luís Gustavo Costa Nimo Santos

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – BA

<http://lattes.cnpq.br/0958114582921870>

Nayara Maria Santos de Almeida

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – BA

<http://lattes.cnpq.br/8726476604358613>

Franco Dani Rico Amado

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus – BA

<http://lattes.cnpq.br/3437088948218191>

Fernando Cotting

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte - MG

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

Isabella Pacifico Aquino

Fundação Educacional Inaciana Padre Saboia
de Medeiros
São Bernardo do Campo – SP

<http://lattes.cnpq.br/7110789474734080>

Vera Rosa Capelossi

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus - BA

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

RESUMO: O aço galvanizado é bastante utilizado pela indústria da linha branca e automotiva. Para obtenção de maior durabilidade e resistência, a superfície do aço galvanizado é comumente submetida a processos de pré-tratamento, como a cromatização e fosfatização, que são responsáveis por danos ambientais e à saúde humana. Dessa forma, estuda-se modos alternativos para mitigação de tais problemas. Os silanos são moléculas organofuncionais capazes de unir superfícies orgânicas e inorgânicas e têm apresentado resultados promissores para mitigação da corrosão em superfícies metálicas. De forma similar, a pesquisa com inibidores verdes utilizando pó e extrato de frutos e resíduos vegetais também vem ganhando notoriedade por não serem tóxicos e apresentarem compostos orgânicos capazes de minimizar os processos corrosivos. Desta maneira, unindo as duas vertentes, o objetivo desta pesquisa é avaliar qual metodologia de produção do filme híbrido dos silanos viniltriotosilano (VS) e 3-(gliciloxipropil) trimetoxissilano (GPTMS) modificados com o pó do caroço de abacate pode proporcionar uma melhor resistência à corrosão em meio salino. As análises eletroquímicas feitas por espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) e curvas de polarização potenciodinâmicas mostraram uma incompatibilidade entre o filme de silano e o pó do caroço de abacate.

PALAVRAS - CHAVE: Aço galvanizado; Silano; Inibidor natural; Caroço de abacate.

APPLICATION OF SILANE FILM VS/GPTMS MODIFIED WITH AVOCADO SEED FOR PROTECTION AGAINST CORROSION OF GALVANIZED STEEL

ABSTRACT: Galvanized steel is widely used by the white line and automotive industry. To obtain greater durability and resistance, the surface of galvanized steel is commonly pre-treated with chromatization and phosphating, which are responsible for environmental damage and human health. Thus, alternative ways to mitigate such problems are studied. Silanes are organofunctional molecules capable of joining organic and inorganic surfaces and have shown promising results for mitigating corrosion on metallic surfaces. Similarly, research with green inhibitors using powder and extract of fruits and vegetable residues has also gained notoriety for not being toxic and for having organic compounds capable of minimizing corrosive processes. Thus, uniting the two strands, the objective of this research is to evaluate which production methodology of the hybrid film of vinyltriethoxysilane (VS) and 3- (glycyloxypropyl) trimethoxysilane (GPTMS) modified with the powder of the avocado seed can provide a better resistance corrosion in saline medium. The electrochemical analyzes made by electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and potentiodynamic polarization curves showed an incompatibility between the silane film and the powder of the avocado seed.

KEYWORDS: Galvanized steel; Silane; Natural inhibitor; Avocado seed.

1 | INTRODUÇÃO

O aço carbono é formado por ligas de ferro/carbono sendo constituído predominantemente por ferro. Passando pelo processo de galvanização, o aço carbono é imerso em um banho de zinco fundido, o qual concede uma barreira isolante na superfície do aço. Dessa forma, o aço passa a ser galvanizado tornando-o mais atrativo por apresentar proteção por barreira e galvânica. Na proteção por barreira, o zinco que está em contato com o meio externo, sofrerá os possíveis danos provenientes do meio agressivo cumprindo sua tarefa de isolamento. Na proteção galvânica, o zinco atuará como ânodo e o ferro assumirá o comportamento catódico, pois o potencial do eletrodo formado com o zinco é menor do que o potencial do eletrodo formado com o ferro. Assim, o aço galvanizado vem sendo amplamente utilizado pelas indústrias de linha branca, automotiva e civil, apresentando características mais resistentes à corrosão e menor custo com manutenção (SANTOS; COTTING; CAPELOSSI, 2020; RUELA *et al.*, 2017; YU *et al.* 2020).

É muito comum que o aço galvanizado seja submetido a processos de pré-tratamento de superfície, com o objetivo de obter uma maior resistência à corrosão e durabilidade do material, sendo os processos de cromatização e fosfatização os mais empregados. Apesar de serem bem aceitos industrialmente, ambos os processos são tóxicos e capazes de causar danos à saúde humana, bem como impactos negativos ao meio ambiente. Dessa forma, estudos com filmes de silanos vêm sendo recorrentes no intuito de apresentar um tratamento menos nocivo e de baixa toxicidade (CAPELOSSI; AOKI, 2013; COSTA *et al.*, 2019).

Os silanos apresentam propriedades químicas orgânicas e inorgânicas, sendo assim, considerados híbridos. Tal característica permite aos silanos a capacidade de unir superfícies orgânicas e inorgânicas, tornando-os bons agentes de acoplamento, com fortes ligações resistentes à água e alguns reagentes químicos. Por conta dessas características, os silanos são bastante utilizados entre as interfaces metal/tinta e tinta/vidro (FRANCISCO; CAPELOSSI; AOKI 2013; SANTOS; COTTING; CAPELOSSI, 2020).

Dadas suas características, estudos apontam que alguns silanos possuem potencial de substituição dos pré-tratamentos convencionais, melhorando a proteção por barreira da superfície metálica. Capelossi e Aoki (2013) estudaram filmes de silanos como pré-tratamento para o aço *galvannealead*, avaliando as condições de hidrólise dos filmes de silanos bis-1,2-[*(triethoxisilil)propil tetrasulfeto* (BTTESTP) e bis-(γ -*trimetoxysililpropil)amina (BTSPA) em diferentes concentrações, variando pH, temperatura e tempo de cura, além da adição de íons Ce (III) e íons Ce (IV). Os resultados apontaram como maior resistência à corrosão para os filmes obtidos em pH 4, além disso a adição de íons Ce beneficiou as propriedades protetoras e reticulação dos filmes, sendo este mais homogêneo.*

Souza *et al* (2020) estudaram a proteção contra a corrosão promovida pelo filme de silano híbrido contendo (3-aminopropil) trietoxissilano (APTES) e (3-gliciloxipropil) trimetoxissilano (GPTMS) em aço *Galvannealead*. Nesse estudo, os autores encontraram maior resistência à corrosão para o filme com a proporção de silano 2:1 (APTES:GPTMS), concentração em 2% e tempo de 150 minutos de hidrólise.

Costa *et al.* (2019) avaliaram a resistência à corrosão do filme de silano vinitrimetoxissilano (VTMOS) modificados com íons Ce(III) e íons Ce(IV) como pré-tratamento do aço carbono. Eles obtiveram bons resultados para concentração de 50ppm de Ce(IV) adicionado ao VTMOS, com maior reticulação do filme, bem como efeito barreira. Silva *et al.* (2019) também avaliaram o comportamento eletroquímico dos íons Ce (IV) na solução de hidrólise obtido dos silanos tetraetoxissilano (TEOS) e 3-metacriloxipropiltrimetoxissilano (MPTS) para o aço carbono em meio salino, concluindo que o efeito dopante confere melhor capacidade de proteção e barreira da superfície metálica.

Longhi *et al.* (2015) investigaram o efeito das quantidades de tetraetoxissilano (TEOS) na prevenção da corrosão com siloxano-poli(metacrilato de metila) (PMMA) depositados em aço galvanizado. Os autores concluíram que o aumento do teor de TEOS ocasionou uma maior espessura do revestimento, na rugosidade superficial, bem como na hidrofobicidade. Nesse trabalho, os filmes com maior teor de TEOS apresentaram melhor desempenho contra a corrosão.

Santos, Cotting e Capelossi (2020), por sua vez, fizeram um estudo das condições de obtenção do filme de vinitrietoxissilano (VS) na proteção contra a corrosão do aço galvanizado em meio salino. Os resultados mostraram maior eficiência para o pré-tratamento com filme na concentração de 4% e 60min de hidrólise.

De forma concomitante à pesquisa de silanos, os inibidores verdes vêm ganhando

espaço por serem biodegradáveis, não tóxicos, baixo custo e boa disponibilidade. Vegetais como dendê, cacau e mamona vêm sendo estudados como inibidores de corrosão por apresentarem compostos orgânicos como flavonóides, polifenóis, alcalóides e taninos, além de heteroátomos de nitrogênio, oxigênio e enxofre capazes de conferir propriedades antioxidantes. (SANTOS, et al, 2017; BARRETO et al. 2017)

Barreto et al (2017) estudaram a eficiência da casca de cacau como inibidor de corrosão do aço carbono. Os resultados apontaram que a adição do extrato ao eletrólito dificultou de forma efetiva o processo de corrosão, além de adsorver na superfície do eletrodo. De forma similar, Santos et al. (2017), avaliaram o pó da casca de mamona como inibidor de corrosão para aço carbono em meio ácido. Seus resultados mostraram uma eficiência inibitória progressiva conforme se aumenta a concentração do inibidor natural no meio corrosivo, chegando à eficiência máxima de 83%, indicando-o como potencial inibidor de corrosão.

O abacate é um fruto muito utilizado na culinária pelo alto teor de vitaminas, fibras e minerais. A polpa desse fruto é a mais utilizado pela indústria alimentícia e sociedade civil. A casca e a semente são pouco exploradas, porém apresentam compostos úteis, sendo usados para outras finalidades, agregando assim mais valor ao abacate (DAIUTO, et al. 2014). A semente do abacate, por exemplo, possui em sua constituição alguns grupos funcionais como carboxilatos, nitrogenados, anéis aromáticos e heteroátomos que são característicos de polissacarídeos, fenóis e flavonoides, substâncias as quais, são conhecidas pelo seu poder antioxidante (De JESUS et al.,2020). Um estudo feito por Wang et al. (2010), analisou a capacidade antioxidante e o teor de compostos fenólicos totais de diferentes espécies de abacate e foi verificado que as sementes apresentaram a maior capacidade antioxidante e teor de compostos fenólicos totais em relação à polpa.

De Jesus et al (2020) testaram o caroço do abacate como inibidor de corrosão do aço carbono SAE 1008 em meio ácido. O pó da semente do abacate foi testado em diferentes concentrações ($0,44 \text{ g.L}^{-1}$; $0,77 \text{ g.L}^{-1}$; $1,11 \text{ g.L}^{-1}$; $1,44 \text{ g.L}^{-1}$; $1,77 \text{ g.L}^{-1}$) e os autores observaram que a resistência à corrosão do aço aumentava à medida que a concentração também aumentava. A maior eficiência alcançada pelos ensaios de perda de massa e de espectroscopia de impedância eletroquímica foi para a concentração de $1,77 \text{ g.L}^{-1}$, cujas eficiências foram de 92% e 98%, respectivamente.

Em virtude do exposto, o objetivo do trabalho é avaliar a eficiência anticorrosiva do filme de silano VS+GPTMS modificado com o pó do caroço de abacate, em meio aquoso de NaCl $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. Além disso, como o filme de silano aditivado com inibidores naturais é um trabalho novo, a literatura disponível para avaliar a melhor condição para a introdução de um inibidor obtido de frutos e resíduos vegetais no filme de silano é escassa, bem como as melhores concentrações para seu uso. Logo, duas metodologias e concentrações diferentes foram testadas para se avaliar qual promovia uma melhor proteção do aço galvanizado. A avaliação da resistência à corrosão foi analisada por espectroscopia de

impedância eletroquímica e curvas de polarização potenciodinâmicas.

2 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Preparo do Substrato

O substrato utilizado no presente trabalho, foi a placa de aço galvanizado fornecida pela USIMINAS. As placas foram previamente cortadas, nas dimensões 20 mm x 15 mm x 0,9 mm. Em seguida, os corpos de prova foram limpos com álcool etílico P.A. e levados para banho ultrassônico por 10 min em acetona P.A., sendo secos posteriormente com auxílio de um soprador térmico. Após a secagem, as placas foram imersas em solução desengraxante Saloclean N667 50 g.L⁻¹ em temperatura de 55°C e sobre agitação por 10 min. Dado o tempo de imersão, os corpos de prova foram retirados e lavados com água destilada e novamente secos com ar quente. Todo esse preparo de superfície visou a remoção de possíveis sujidades e gorduras que poderiam interferir na aderência do filme na superfície do aço galvanizado.

2.2 Preparação do Pó do Caroço de Abacate

Os caroços de abacate foram inicialmente cortados em pedaços menores e lavados em água corrente, sendo posteriormente levados à estufa a 60°C para secagem até massa constante. Ao término da secagem, o material foi triturado em moinho de facas para redução de sua granulometria. Em seguida, o produto triturado foi levado para peneiramento na série de peneiras Tyler para obtenção do pó com 170 mesh, que posteriormente foi utilizado como inibidor de corrosão.

2.3 Formação do Filme

Metodologia 1

Para a preparação do filme proposta nessa metodologia, inicialmente foi preparado uma solução solvente composta por água destilada e etanol (50% m/m). Em seguida, a mistura teve seu pH ajustado para 4 com o ácido acético glacial. Posteriormente, foi adicionado o pó do caroço de abacate nas concentrações 1,77 g.L⁻¹ (melhor concentração obtida no trabalho de SANTOS *et al*, 2017) e 2.77 g.L⁻¹ (extrapolação do valor obtido por SANTOS *et al*, 2017) e levados a banho ultrassônico por 10 min. Dado o tempo, foi acrescido a mistura 4% dos silanos VS e GPTMS na proporção 1:1 (m/m) e levado para o processo de hidrólise sob agitação por 60 min. Finalizado o processo de hidrólise, os corpos de prova foram imersos por 2 min nas soluções com diferentes concentrações (na presença e ausência do inibidor natural) e depois submetidos a cura em estufa em temperatura de 150°C por 120 min.

Metodologia 2

Diferentemente da metodologia anteriormente apresentada, o pó do caroço do abacate foi adicionado em diferentes concentrações ($1,77 \text{ g.L}^{-1}$ e 2.77 g.L^{-1}) somente ao álcool etílico e deixado em banho ultrassônico por 10 min. Ao término do tempo, acrescentou-se água destilada, bem como a mistura 4% de silanos VS e GPTMS 1:1 (m/m), formando a solução alcoólica com silanos 50% m/m. O pH foi ajustado para 4 com ácido acético sob agitação. Por fim, foi deixado em agitação por 60 min. Dado o tempo, os corpos de prova foram imersos por 2 min e levados para cura em estufa à 150°C por 120min.

As Metodologias 1 e 2 estão esquematizadas na Figura 1.

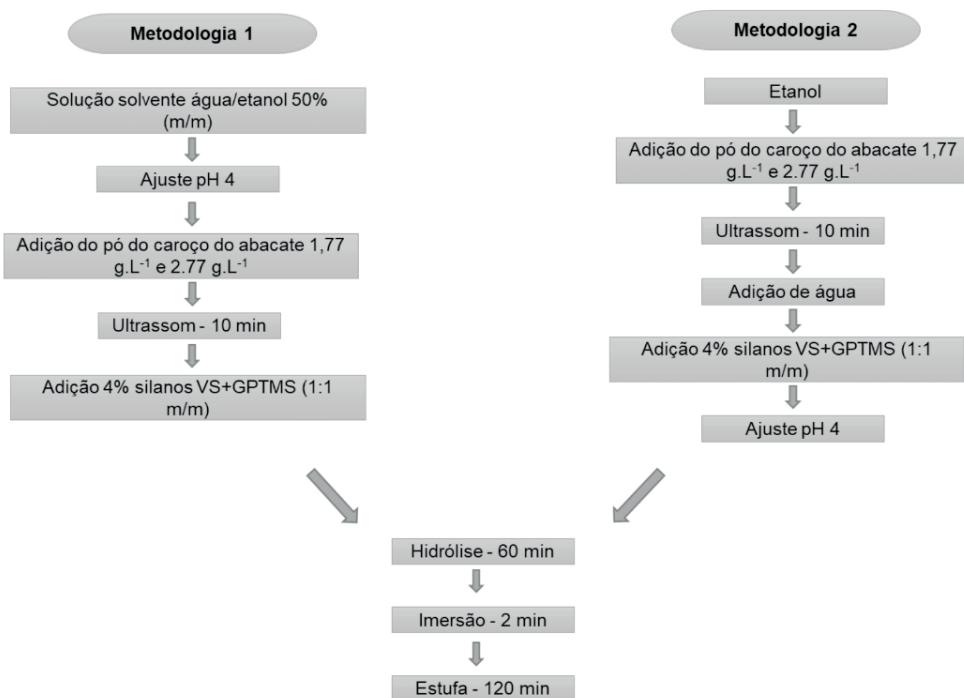


Figura 1: Fluxograma das metodologias 1 e 2 utilizadas para a formação do filme.

2.4 Ensaios Eletroquímicos

Os ensaios eletroquímicos foram feitos em potencioscópio/galvanostato Metrohm Autolab, conectados ao computador, com software NOVA 2.1.4. Os dados foram tratados utilizando o programa Origin 8.0. Todos os ensaios foram realizados em triplicata em célula eletroquímica vertical de três eletrodos, temperatura ambiente e sem agitação. A célula é composta por um eletrodo de referência Ag/AgCl/KCl/sat, um contra eletrodo de titânio revestido com ródio e um eletrodo de trabalho (corpos de prova do aço galvanizado) com

área exposta de 1cm^2 . Como solução eletrolítica, utilizou-se NaCl 0,1 mol. L^{-1} . Inicialmente foi realizado o ensaio de potencial de circuito aberto durante 90 min para verificação da estabilização do potencial de corrosão (EOC). Em seguida, foram realizadas as medidas de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) em uma faixa de frequência de 100 kHz a 10 mHz, com amplitude de 10 mV(RMS). Sucedendo-se, foram obtidas as curvas de polarização potenciodinâmicas no intervalo de +250 mV vs EOC a -250 mV vs EOC, com 0,5 mV.s $^{-1}$ de velocidade de varredura.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Espectroscopia de Impedância Eletroquímica

Os diagramas de EIE das Figuras 2 e 3 mostram os resultados de resistência à corrosão do aço galvanizado revestido com o filme de silano na presença e na ausência do pó do caroço de abacate nas condições estudadas.

No diagrama de Nyquist para metodologia 1 (Figura 2.a), nota-se a diminuição do arco capacitivo independente da concentração do pó do abacate. Dessa forma, o filme VS+GPTMS na ausência de inibidor natural oferece maior resistência a corrosão. Os resultados para a segunda metodologia utilizada também demonstram no diagrama de Nyquist (figura 2.b) que o desempenho dos filmes aditivados não foi satisfatório, já que houve decréscimo da impedância eletroquímica ao modificar o filme com pó de abacate.

Analizando qualitativamente os diagramas de Nyquist (figura 2) podemos observar que a apesar da baixa resistência do filme modificado com pó do abacate, a maior concentração utilizada ($2,77 \text{ g.L}^{-1}$) do inibidor apresentou-se melhor para as duas metodologias utilizadas. Cabendo a trabalhos futuros, teste com concentrações superiores, para verificação se há uma melhora na resistência do filme para o aço galvanizado.

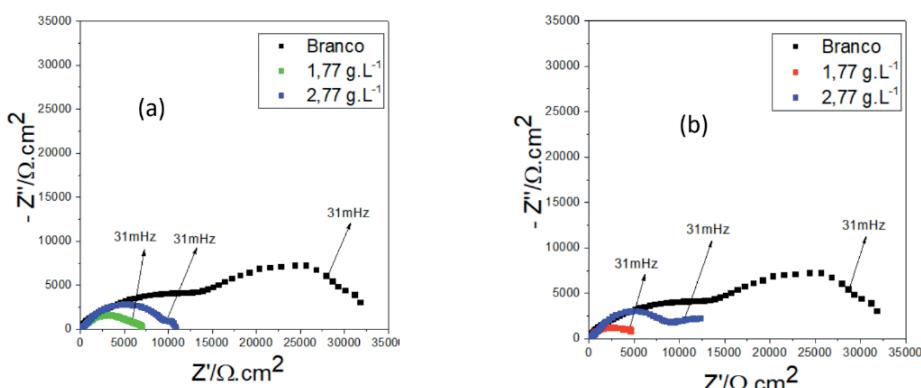


Figura 2: Diagrama de Nyquist do aço galvanizado pré-tratado com filme de silanos VS+GPTMS na ausência e presença de diferentes concentrações do pó de abacate pela metodologia 1 (a) e metodologia 2 (b)

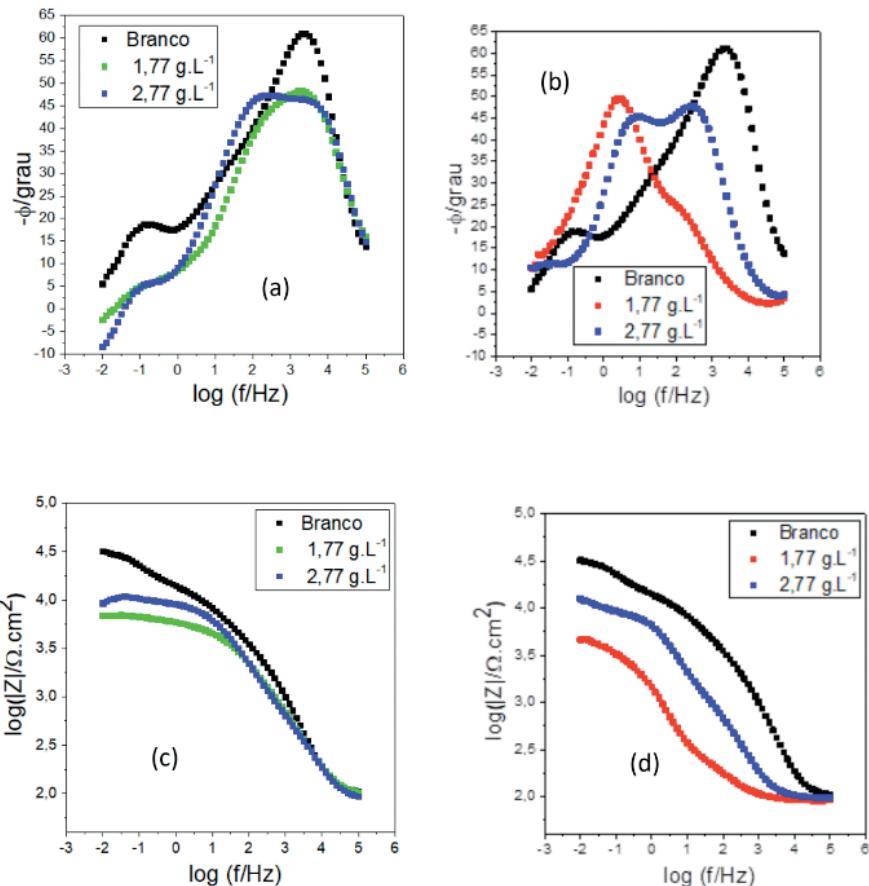


Figura 3: Diagrama de Bode de Ângulo de Fase (a-b); Diagrama de Bode Módulo de Impedância (c-d) do aço galvanizado pré-tratado com filme de silanos VS+GPTMS na ausência e presença de diferentes concentrações de pó de abacate pela metodologia 1 (a-c) e metodologia 2 (b-d).

Para os diagramas de Bode de ângulo de fase e módulo de impedância, (Figura 3(a-b) e 3(c-d), respectivamente), nota-se que a adição do pó de abacate no filme de silano acarreta numa diminuição do ângulo de fase, bem como menores valores do módulo de impedância. Quanto menor for o valor do ângulo de fase e do módulo de impedância, menor o apontamento para uma inibição efetiva do processo corrosivo.

Vale ressaltar, que assim como observado no digrama de Nyquist (Figura 2), a maior concentração ($2,77 \text{ g.L}^{-1}$) apresentou melhor resistência do que a menor concentração ($1,77 \text{ g.L}^{-1}$). Além disso, a metodologia 2 apresentou resultados inferiores comparados a metodologia 1. Destaca-se que na metodologia 2 o inibidor natural foi adicionado inicialmente em etanol, sendo em seguida levado a banho ultrassônico. Posteriormente foi acrescentado água para a hidrólise, VS+GPTMS e só então ajustado o pH em 4.

A diminuição da resistência a transferência de carga dos filmes carregados também

pode estar associada à maior quantidade de sólidos no revestimento, o que favorece a penetração do eletrólito. Desse modo, estudos adicionais devem ser realizados, aplicando-se uma segunda camada silano puro, verificando assim a ação inibitória do pó de caroço de abacate.

3.2 Curvas de polarização potenciodinâmicas

Os resultados obtidos de curvas de polarização potenciodinâmicas encontram-se na Figura 4. Analisando qualitativamente as curvas apresentadas tanto para a metodologia 1 (Figura 4.a) quanto para a metodologia 2 (Figura 4.b), nota-se menor corrente de corrosão para curva indicada como branco, onde o filme é constituído apenas por VS+GPTMS. Quanto menor a densidade de corrente, menor será o fluxo eletrônico na dupla camada elétrica do eletrodo, mitigando o efeito corrosivo.

Pelas curvas de polarização, nota-se que o pó de abacate está ajudando na proteção anódica, pois para um mesmo potencial, a corrente anódica é menor para todas as amostras aditivadas. Esse efeito na corrente de corrosão pode ser atribuído à forma em que a corrosão se manifesta ou ainda pela diferença de espessura dos filmes, pois o filme aditivado tem uma maior fração de sólidos e consequentemente resultará em um filme mais fino. Devido a isso, os resultados de EIE e da polarização possam se mostrar não tão eficientes, indicando que um estudo mais detalhado dever ser realizado já que a polarização anódica está mostrando que o pó do caroço do abacate pode atuar na melhora da resistência à corrosão do filme.

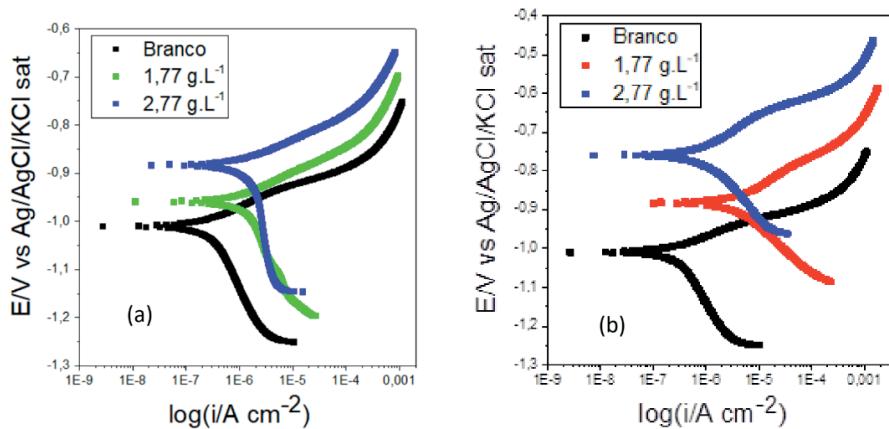


Figura 4: Curvas de polarização do aço galvanizado pré-tratado com filme de silanos VS+GPTMS na ausência e presença de diferentes concentrações do pó do caroço de abacate pela metodologia 1 (a) e pela metodologia 2 (b).

Metodologia 1				
Concentração (g.L ⁻¹)	Ecorr (mV) /Ag/AgCl/KCl sat	Icorr (A)	βc (mV/dec)	βa (mV/dec)
Branco	-1010	$2,51 \times 10^{-7}$	-215,05	50,70
1,77	-958	$1,03 \times 10^{-6}$	-211,65	51,56
2,77	-884	$1,20 \times 10^{-6}$	-407,93	49,18
Metodologia 2				
Concentração (g.L ⁻¹)	Ecorr (mV) /Ag/AgCl/KCl sat	Icorr (A)	βc (mV/dec)	βa (mV/dec)
Branco	-1010	$2,51 \times 10^{-7}$	-215,05	50,70
1,77	-886	$3,97 \times 10^{-6}$	-121,81	85,08
2,77	-761	$7,39 \times 10^{-7}$	-145,65	84,42

Quadro 1: Parâmetros das curvas de polarização.

A análise do quadro 1, permite inferir que as reações anódicas obtiveram uma certa redução na concentração de 2,77 g.L⁻¹ na metodologia 1, fato demonstrado na diminuição do valor do parâmetro βa (49,18). Além disso, observa-se uma redução mais acentuada nas reações catódicas para essa condição, como pode ser visto pelo parâmetro βc (-407,93).

4 | CONCLUSÃO

Os resultados obtidos apontam que mesmo o filme de silano modificado com um inibidor natural, não tendo apresentado eficiência, os parâmetros βa e βc obtidos para as curvas de Tafel indicam que a concentração de 2,77 g.L⁻¹ para a metodologia 1 promoveu uma redução das reações de oxirredução. Diante disso, como os processos de cromatização e fosfatização são capazes de causar danos ambientais e à saúde humana, cabe estudos do filme de silanos VS+GPTMS em concentrações superiores a 2,77 g.L⁻¹ do pó do caroço de abacate, devendo a introdução do inibidor do pó do caroço de abacate no filme ocorrer após o preparo da solução solvente com ajuste de pH.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESB (PET0015/2016) pelo financiamento do projeto, CAPES, CNPq e FAPESB pelas bolsas de Mestrado e Iniciação Científica, UESC (Universidade Estadual de Santa Cruz) e LAMMA (Laboratório de Materiais e Meio Ambiente) pela infraestrutura.

REFERÊNCIAS

- 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**, vol.21, n. 1, 2017.
- CAPELOSSI, V. R.; AOKI, I. V.; Influence of sonication on anticorrosion properties of a sulfursilane film dopped with Ce (IV) on galvannealed steel. **Progress in Organic Coatings**, v. 76, n. 5, p. 812–820, 2013.
- COSTA, J. G. R.; SILVA, K. G.; *et al.* Avaliação da resistência à corrosão do filme de silanoviniltrimetoxisilano modificado com íons Ce (III) e Ce (IV) como pré-tratamento do aço carbono. Evaluation of the corrosion resistance of the vinyltrimethoxsilane film modified with Ce(III) or Ce(IV) ion as carbon steel pretreatment.. **Matéria (Rio de Janeiro)** v. 24, n. 3, 2019.
- DAIUTO, E.R.; TREMOCOLDI M.A.; *et al.* Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate 'Hass'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n. 2, 2014.
- DE JESUS, M. E. S. 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.
- FRANCISCO, J. S.; CAPELOSSI, V. R.; Evaluation of a sulfursilane anticorrosive pretreatment on galvannealed steel compared to phosphate under a waterborne epoxy coating. **Electrochimica Acta**, 124, p. 128-136, 2014.
- LONGHI, M. et al. Effect of Tetraethoxy-silane (TEOS) Amounts on the Corrosion Prevention Properties of Siloxane- PMMA Hybrid Coatings on Galvanized Steel Substrates. **Materials Research**, v. 18, n. 6, p. 1140–1155, 2015.
- RUELA, M. S. P; SILVEIRA, D. M.; Corrosão de Aço Galvanizado em Soluções Ácidas. Corrosion Behavior of Galvanized Steel in Acid Solutions. **The Journal of Engineering and Exact Sciences - JCEC** v. 3, n.8, p.1250-1258, 2017.
- SANTOS, A. M.; *et al.* Evaluation of Castor Bark Powder as a Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in Acidic Media. **Materials Research**, vol. 20, sulp. 2, 2017.
- SANTOS, T. S. DOS; COTTING, F.; CAPELOSSI, V. R. Estudo das condições de obtenção do filme viniltriethoxsilano na proteção contra a corrosão do aço galvanizado Study of the Obtaining Conditions of Vinyltretoxysilane Film as Corrosion Protection of the Galvanized Steel. **Matéria (Rio de Janeiro)** v. 25, n. 2, 2020.
- SILVA, F. S., *et al.*; Influence of Ce(IV) ions amount on the electrochemical behavior of organic-inorganic hybrid coatings in 0.1 mol.L⁻¹ NaCl solution. **Eclética Química Journal**, v. 44, n.4, 2019.
- SOUZA, K. G. S.; *et al.*; Study of the wettability and the corrosion protection of the hybrid silane (3-aminopropyl) triethoxysilane (APTES) and (3-glycidyloxypropyl) trimethoxysilane (GPTMS) filmo n galvannealead steel. **Revista Matéria**, v. 25, n. 02, 2020.
- WANG, W.; TERRELL, R.; BOSTIC, L.G. Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. **Food Chemistry**, Barking, v.122, p. 1.193-1.198, 2010.
- YU, Z., *et al.*; A Review of Recent Developments in Coating Systems for Hot-Dip Galvanized Steel. **Frontiers in Materials**. v. 7, 2020.

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

COLEÇÃO

DESAFIOS

DAS

ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA



🌐 www.atenaeditora.com.br

✉️ contato@atenaeditora.com.br

-instagram icon @atenaeditora

-facebook icon facebook.com/atenaeditora.com.br