

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA 2



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA 2



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia química 2 /
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 978-65-5983-536-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.362212610>

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. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

APRESENTAÇÃO

O e-book intitulado: “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Química 2” é constituído por dezoito capítulos de livros que foram organizados em quatro áreas temáticas: *i)* utilização de adsorventes para remoção de Contaminantes de Interesse Emergente (CIE) em diferentes matrizes aquosas; *ii)* produção de biodiesel e bio-óleo a partir de biomassa ou reutilização de óleo de fritura; *iii)* análise de recuperação avançada de petróleo por injeção de gás carbônico ou polímeros e práticas de gestão para exploração de petróleo e gás natural e *iv)* aplicações diversas.

O primeiro tema é composto por 50% dos capítulos de livros presente no e-book, apresentando trabalhos utilizando biomassas de origem vegetal para remoção da turbidez presente em efluentes oleosos e metais em águas residuárias e industriais; remoção de nitrogênio amoniacal e o fármaco ivermectina utilizando o carvão ativado, respectivamente, *in natura* e funcionalizado com grafeno; aplicação de surfactantes não-iônicos para reduzir a dissolução de carbonatos e a redução do consumo de água em processo de bradagem; a apresentação de um método analítico para quantificar a presença de Bisfenol A em águas superficiais, um estudo de revisão da literatura que mostra a qualidade dos recursos hídricos em vários países e a presença da diversidade e quantidade dos CIEs nas matrizes aquosas e a caracterização físico-química da farinha de Inhame obtida pelo processo de atomização. A segunda temática apresenta dois estudos que investigaram a produção de biodiesel e bio-óleo a partir, respectivamente, do aproveitamento do óleo de soja/fritura e da pirólise proveniente de biomassa.

Os capítulos de 12 a 14 apresentam trabalhos que buscaram avaliar a eficiência da injeção de gás carbônico ou solução de polímero para avaliar a recuperação avançada do petróleo. Além disso, apresenta um estudo de práticas de gestão operacional de exploração e produção de petróleo e gás natural exigido para atender normas da ABNT e certificações ISO e regulamentos técnicos estabelecidos pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). Já os trabalhos presentes nos capítulos de 15 a 18 tratam de temas que variam da utilização da garrafa PET como dispositivo para determinar a densidade aparente de materiais em forma de pó; análise da geometria, diluição e qualidade de revestimentos de aço AISI 317L aplicado pelo processo de GTAW; estudo teórico visando aumentar a eficiência de uma coluna cromatográfica utilizando sílica na forma de nanopartículas e; apresenta uma aplicação na indústria de alimentos que utilizou a mistura de bebida fermentada de camomila com o cogumelo da espécie *Agaricus Brasiliensis*.

Diante desta variedade de estudos, provenientes de pesquisadores (as) de diferentes partes do Brasil, a Atena Editora selecionou e reuniu estes trabalhos neste e-book que depois de publicado, estará acessível de forma gratuita em seu *site* e em outras plataformas digitais, contribuindo para a divulgação do conhecimento científico gerado nas

instituições de ensino de todo o país. Assim, a Atena Editora vem trabalhando, buscando, estimulando e incentivando cada vez mais os pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros ou capítulos de livros.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DA CASCA DE MARACUJÁ NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ DE EFLUENTE OLEOSO


Cinthia Silva Almeida
Antonia Vitória Grangeiro Diógenes
Macilene Maria Monteiro Maia
Daianni Ariane da Costa Ferreira
Francisco Wilton Miranda da Silva
Zilvam Melo dos Santos
Manoel Reginaldo Fernandes
Regina Celia de Oliveira Brasil Delgado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126101>

CAPÍTULO 2..... 9

AMMONIA NITROGEN REMOVAL FROM FISH PROCESSING WASTEWATER BY ADSORPTION USING ACTIVATED CARBON

Davi Vieira Gomes
Maria Alice Prado Cechinel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126102>

CAPÍTULO 3..... 18

CINÉTICA DE ADSORÇÃO DE IVERMECTINA EM CARVÃO ATIVADO FUNCIONALIZADO COM GRAFENO


Eduardo Possebon
Marcelo Fernandes Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126103>

CAPÍTULO 4..... 34

APLICAÇÃO DE SURFATANTES NÃO IÔNICOS NO CONTROLE DA TAXA DE DISSOLUÇÃO DE CARBONATOS NA ACIDIFICAÇÃO DE MATRIZ

Alcides de Oliveira Wanderley Neto
Guilherme Mentges Arruda
Dennys Correia da Silva
Luiz Felipe da Hora
Jefferson David Coutinho de Araújo
Marcos Allyson Felipe Rodrigues


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126104>

CAPÍTULO 5..... 45

UM ESTUDO PARA OTIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E REDUÇÃO DA PEGADA DE CARBONO EM PROCESSO DE BRASAGEM

Caline Nunes de Carvalho
Tereza Neuma de Castro Dantas
Afonso Avelino Dantas Neto
Herbert Senzano Lopes


Andréa Oliveira Nunes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126105>

CAPÍTULO 6..... 57

PROPOSTA DE MÉTODO ANALÍTICO PARA QUANTIFICAÇÃO DE BISFENOL A EM ÁGUAS SUPERFICIAIS


Cristiano Gonçalves Alano
Paula Roberta Perondi Furtado
Marcia Luciane Lange Silveira
Jamile Rosa Rampinelli
Elisabeth Wisbeck
Mariane Bonatti Chaves
Sandra Aparecida Furlan

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126106>

CAPÍTULO 7..... 74

CONTAMINANTES DE INTERESSE EMERGENTE PRESENTES EM DIFERENTES MATRIZES AQUOSAS: O QUE VOCÊ NÃO VÊ, MAS AFETA E COMPROMETE A QUALIDADE DOS DIFERENTES ECOSSISTEMAS E A SAÚDE DE TODOS OS ORGANISMOS VIVOS


Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126107>

CAPÍTULO 8..... 87

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E TECNOLÓGICA DE FARINHA DE INHAME OBTIDA POR ATOMIZAÇÃO


Edison Paulo de Ros Triboli
Letícia Giuliani Yashiki

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126108>

CAPÍTULO 9..... 93

PRODUÇÃO DE BIODIESEL UTILIZANDO ÓLEO DE FRITURA E ÓLEO DE SOJA

Rafael Melo dos Santos Costa
Juan Medeiros Sousa
Dyenny Ellen Lima Lhamas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3622126109>

CAPÍTULO 10..... 101

PRODUÇÃO DO BIO-ÓLEO A PARTIR DA PIRÓLISE RÁPIDA DA BIOMASSA

Janaína Santos Matos
Leila Maria Aguilera Campos
Maria Luiza Andrade da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261010>

CAPÍTULO 11..... 114

UMA REVISÃO SOBRE A OBTENÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DE EFLUENTES DO PROCESSAMENTO DA MANDIOCA GERADOS NO BRASIL

Renata Carvalho Costa

Márcio Daniel Nicodemos Ramos

André Aguiar


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261011>

CAPÍTULO 12..... 126

ANÁLISE DE RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO ATRAVÉS DA INJEÇÃO MISCÍVEIS DE CO₂ POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO CASO UNISIM-II-H

Ana Paula Pereira Santos

Paulo Couto


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261012>

CAPÍTULO 13..... 145

INJEÇÃO DE POLÍMEROS ACIMA DA PRESSÃO DE FRATURA DA FORMAÇÃO COMO MÉTODO DE RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO

Maria do Socorro Bezerra da Silva

Edney Rafael Viana Pinheiro Galvão

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261013>

CAPÍTULO 14..... 157

PRÁTICAS DE GESTÃO OPERACIONAL NA EXPLORAÇÃO E PRODUÇÃO (E&P) DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL NO BRASIL, PARA ATENDER REQUISITOS DE NORMAS ABNT NBR ISO DE SGI E DE REGULAMENTOS TÉCNICOS DA AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (ANP)

Raymundo Jorge de Sousa Mançú

Luís Borges Gouveia

Silvério dos Santos Brunhoso Cordeiro


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261014>

CAPÍTULO 15..... 196

MELHORIA DA DETERMINAÇÃO DE DENSIDADE APARENTE DE PÓS COM AUXÍLIO DE DISPOSITIVO FEITO COM GARRAFA DE REFRIGERANTE

Edison Paulo de Ros Triboli

Marina Piasentini Oliva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261015>

CAPÍTULO 16..... 202

ANÁLISES DA GEOMETRIA, DILUIÇÃO E QUALIDADE DE REVESTIMENTOS DE AÇO AISI 317L APLICADOS PELO PROCESSO GTAW COM ADIÇÃO DE ARAME FRIO

Rafael Barbosa Carneiro dos Santos


João Pedro Inácio Varela

Mathews Lima dos Santos

Marcos Mesquita da Silva

Renato Alexandre Costa de Santana

Raimundo Nonato Calazans Duarte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261016>


CAPÍTULO 17.....215

**ESTUDO TEÓRICO: AUMENTO DA EFICIÊNCIA DE COLUNAS CROMATOGRÁFICAS
POR APLICAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS**

Afonso Poli Neto

Herbert Duchatsch Johansen

Marcelo Telascrêa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261017>

CAPÍTULO 18.....229

BEBIDA FERMENTADA DE CAMOMILA COM COGUMELO *AGARICUS BRASILIENSIS*

Joseane Martins de Oliveira

Édipo Gulogurski Ribeiro


Meakaythacher Massayumi Takayanagui

Ana Carolina Dobrychtop

Camila Kaminski

Herta Stutz

Sueli Pércio Quináia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261018>

SOBRE O ORGANIZADOR.....238

ÍNDICE REMISSIVO.....239

CAPÍTULO 1

ESTUDO DA EFICIÊNCIA DA CASCA DE MARACUJÁ NA REMOÇÃO DE TURBIDEZ DE EFLUENTE OLEOSO

Data de aceite: 27/09/2021

Cynthia Silva Almeida

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/6798273521121497>

Antonia Vitória Grangeiro Diógenes

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/7928207334611630>

Macilene Maria Monteiro Maia

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/1214888907307372>

Daianni Ariane da Costa Ferreira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<https://orcid.org/0000-0002-9878-061X>

Francisco Wilton Miranda da Silva

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/5690952601695029>

Zilvam Melo dos Santos

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/4514068026830748>

Manoel Reginaldo Fernandes

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/4396362216028363>

Regina Celia de Oliveira Brasil Delgado

Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA
Mossoró – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/1862313412291911>

RESUMO: A água produzida é um efluente gerado em volume elevado nos campos maduros de petróleo. O gerenciamento dessa água é um grande desafio para a indústria, pois ela apresenta alta complexidade em sua composição físico-química, possuindo compostos químicos orgânicos, inorgânicos, sais, entre outros contaminantes e, portanto, necessita ser rigorosamente tratada. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência de cascas de maracujá (naturais e hidrofobizadas) na remoção da turbidez de efluente oleoso sintético. Inicialmente, as cascas foram cuidadosamente lavadas, trituradas e submetidas à separação granulométrica em três faixas (-14+28; -28+48; -48+100 mesh). Parte das cascas foi hidrofobizada com cera de carnaúba, visando analisar a influência da hidrofobização em relação ao potencial de adsorção do material natural. O efluente oleoso foi preparado com água destilada e óleo diesel S500. Os ensaios de adsorção foram realizados em sistema de banho finito, colocando 5 g de casca de maracujá (naturais e hidrofobizadas) em contato com 190

ml do efluente. Os testes foram realizados para as três faixas granulométricas. Em seguida, foram realizados os testes de turbidez para cada amostra. A turbidez inicial do efluente oleoso foi de 774 NTU e, após o contato com as cascas apresentou redução significativa. Com o material natural a remoção variou entre 33,8% e 51,5%, já com o material hidrofobizado os valores obtidos foram mais altos, variando entre 73,5% e 81,9%. O maior percentual de remoção ocorreu utilizando as cascas hidrofobizadas na maior faixa granulométrica (-14+28). Portanto, os resultados mostram potencial para remoção de óleo, utilizando cascas de maracujá, principalmente, as hidrofobizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Casca de maracujá, efluente oleoso, adsorção.

STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF THE PASSION FRUIT SHELL IN THE REMOVAL OF TURBIDITY OF OILY EFFLUENT

ABSTRACT: The water produced is an effluent generated in high volume in mature oil fields. The management of this water is a great challenge for the industry, because it presents high complexity in its physical-chemical composition, having organic chemical compounds, inorganic, salts, among other contaminants and, therefore, it needs to be rigorously treated. Therefore, the objective of this work was to evaluate the efficiency of passion fruit bark (natural and hydrophobic) in the removal from turbidity of synthetic oil effluent. Initially, the shells were carefully washed, crushed and subjected to granulometric separation in three ranges (-14+28; -28+48; -48+100 mesh). Part of the shells were hydrophobicized with carnauba wax, aiming to analyze the influence of hydrophobicization in relation to the adsorption potential of the natural material. The oily effluent was prepared using distilled water and S500 diesel oil. The adsorption tests were performed in bath process, it placing 5 g of passion fruit shell (natural and hydrophobic) in contact with 190 ml of the effluent. The tests were performed for the three granulometric ranges. Then, the turbidity tests were performed for each sample. The initial turbidity of the oily effluent was 774 NTU and, after contact with the barks, showed a significant reduction. For the natural material, the removal varied between 33.8% and 51.5%, while for the hydrophobic material the values obtained were higher, ranging from 73.5% to 81.9%. The highest percentage of removal occurred using hydrophobic material in the largest granulometric range (-14+28). Therefore, the results show that the materials tested have potential for oil removal, especially the hydrophobized shells.

KEYWORDS: Passion fruit shell, oily effluent, adsorption.

1 | INTRODUÇÃO

Em campos maduros de petróleo se produz água em volume elevado e, em virtude de sua complexa composição físico-química essa água deve ser rigorosamente tratada com a finalidade de atender as exigências ambientais antes de ser encaminhada ao seu destino final. Descarte, injeção e reuso são as alternativas geralmente adotadas para o destino da água produzida.

As características físicas, químicas e biológicas da água produzida são influenciadas por fatores geológicos e de localização geográfica dos reservatórios (STEWART; ARNOLD, 2011).

Segundo a Resolução CONAMA Nº 430, de 2011, efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento.

Diversas são as técnicas utilizadas para o tratamento da água produzida, dentre elas destacam-se os métodos de fóton-catálise, tecnologia de membrana e células microbianas (SILVA *et al.*, 2020). Os métodos de floculação, precipitação e adsorção também são utilizados.

A adsorção é uma operação de transferência de massa, onde moléculas de uma fase fluida (gás, vapor ou líquido) se encontram espontaneamente sobre uma superfície geralmente sólida. Esta é uma propriedade fundamental da matéria, tendo sua origem nas forças atrativas entre as moléculas (RUTHVEN, 1984). Com isso, inúmeros materiais são testados, por meio dessa técnica. O carvão ativado é geralmente o tipo de adsorvente mais utilizado no processo de adsorção, contudo, apresenta alto custo (QUEIROS *et al.*, 2006). Logo, a busca por materiais de baixo custo como é o caso dos resíduos agroindustriais se torna importante. Vale ressaltar que esses resíduos quando são descartados de forma incorreta na natureza geram problemas ambientais.

Um exemplo da utilização de resíduos no tratamento de água foi o da casca da tangerina como adsorvente de atrazina e diuron, no qual bons resultados na remoção desses compostos foram apresentados (CUSIOLI *et al.*, 2018). Pereira *et al.* (2019) utilizaram casca de banana para remoção de turbidez de fluido oleoso sintético e observaram que o material apresentou uma eficiência superior a 96% na remoção de turbidez do fluido. Logo, estudar outros tipos de resíduos se torna interessante.

O maracujá é uma das frutas típicas do Brasil. Segundo dados do IBGE em 2018 a produção foi de 602.651 toneladas em uma área de 43.248 hectares. A região Nordeste se destaca como a principal produtora, com produção de 375.541 toneladas em uma área 29.953 hectares. Em 2020, a perspectiva foi de aumento da área plantada desse fruto (FONSECA, 2021). Esses dados evidenciam uma grande geração de cascas dessa fruta.

Segundo Cazarin *et al.* (2014), a farinha obtida da casca do maracujá possui 74% de fibras insolúveis e o teor de polifenóis indicou a predominância de compostos com características hidrofílicas, quando foram realizados experimentos de extração de fenóis em que o solvente usado foi água. Contudo, torna-se importante citar que inúmeras pesquisas vêm sendo feitas nos últimos tempos sobre materiais que possam atuar como agentes hidrofobizantes.

De acordo com Borba *et al.* (2013), a cera de carnaúba é composta por uma larga cadeia de hidrocarbonetos e ésteres, ácidos e hidroxiácidos. Essas características lhe proporcionam um alto poder de hidrofobização.

Diante do exposto, o trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência de cascas de maracujá (naturais e hidrofobizadas com cera de carnaúba) na remoção da turbidez de efluente oleoso sintético.

2 | METODOLOGIA

Obtenção, lavagem e separação granulométrica das cascas de maracujá

As cascas de maracujá foram coletadas em um estabelecimento de venda de frutas da cidade de Potiretama-CE. Elas foram lavadas abundantemente com água e deixadas de molho por um período de 2 h. Depois foram cortadas em pedaços menores e colocadas expostas ao sol por um período de quatro dias consecutivos. Após serem secas, foram trituradas em liquidificador e lavadas novamente com água destilada, até não se obter nenhuma coloração na água de lavagem. Em seguida foram secas em estufa a 65 °C. Decorridos esses processos, os grãos foram separados em peneira do tipo Tyler, em três faixas granulométricas (-14+28; -28+48; -48+100 mesh).

Processo de hidrofobização

Parte das cascas de maracujá foram hidrofobizadas com cera de carnaúba para verificação da influência da hidrofobização no potencial de adsorção do material. Foi adicionada uma proporção de 20% de cera em relação à massa do adsorvente (5 g) estabelecida para os ensaios de adsorção.

Preparo do efluente oleoso

Foi preparado um efluente oleoso com óleo diesel S500. No preparo, foi utilizado 20% de diesel em relação ao volume de água. A mistura água/óleo foi submetida inicialmente a agitação em um agitador Hamilton Beach (30 s) e em seguida foi agitada em uma mesa agitadora por um período de 50 min. Posteriormente, a emulsão foi colocada em um funil de decantação por um período de 24 h para separação das fases (óleo em excesso e fase aquosa). A fase aquosa foi utilizada nos experimentos.

Ensaio de adsorção

Os ensaios de adsorção foram realizados à temperatura ambiente (30 °C), onde foram pesados 5 g de cascas de maracujá (naturais e hidrofobizadas) e colocadas em contato com 190 ml do efluente produzido sob agitação, em uma mesa agitadora, por um período de 12 h. Ao fim da agitação, as amostras ficaram em repouso por um período de 5 h, com a finalidade de esperar a decantação das cascas. Posteriormente, o fluido sobrenadante foi então coletado para análise da turbidez.

Avaliação do potencial de adsorção das cascas de maracujá pelo método da turbidez

Os ensaios de turbidez foram realizados no efluente antes e após o contato com as cascas, utilizando um turbidímetro marca AP 2000 W da PoliControl. A turbidez foi medida logo após a coleta das amostras de modo a evitar modificações na temperatura e pH delas, que podem alterar a cor e/ou provocar coagulação das partículas em suspensão. Os

valores obtidos foram expressos em NTU (Nephelometric Turbidity Unity).

3 | REFERENCIAL TEÓRICO

Nas atividades de produção e exploração de óleo e gás são gerados resíduos e efluentes, dentre os quais se destaca a água produzida junto ao petróleo. Ela consiste na água de formação e na água de injeção, que é aquela injetada no reservatório para aumento da produção. Geralmente os campos no início da produção geram pequenas quantidades de águas, que aumentam com o decorrer do tempo e atingem valores próximos a 90% quando o campo se encontra no seu estágio final de produção econômica (RAY; ENGELHARDT, 1992).

A água de produção é composta por uma mistura complexa de compostos orgânicos e inorgânicos, além de resíduos de aditivos químicos utilizados no processo de produção (FIGUEREDO *et al.*, 2014). Devido a essa complexidade necessita de tratamento específico.

A adsorção vem sendo largamente estudada para tratamento da água produzida, apresentando resultados satisfatórios. A técnica consiste em um processo de separação, onde ocorre transferência de massa de uma fase fluida para a superfície de um sólido (JUCHEN *et al.*, 2013). Além disso, métodos utilizados para melhorar a eficiência do processo de adsorção também vêm sendo estudados. Como por exemplo, a hidrofobização que contribui para que o adsorvente se torne um material com aversão a água aumentando assim a capacidade de adsorção. Segundo Curbelo (2002) e Borba *et al.* (2013), a cera de carnaúba apresenta resultados positivos na hidrofobização de materiais e contribui para adsorção.

O alto custo dos materiais adsorventes incentiva novos estudos em busca de alternativas mais simples e mais acessíveis, como os resíduos naturais. Logo, pesquisas sobre a eficiência de resíduos agroindustriais como adsorventes no tratamento de águas contaminadas vêm sendo realizadas atualmente.

Maia *et al.* (2021), utilizaram mesocarpo de coco como adsorvente para remover óleo de fluido sintético e, verificaram que o material apresentou um potencial significativo na remoção da turbidez do fluido.

Maracujá é um nome popular dado a várias espécies do gênero *Passiflora*, do qual há 500 espécies distribuídas por regiões de clima tropical e subtropical do globo, sendo o Brasil seu maior produtor com mais de 79 espécies. O maracujá azedo ou amarelo é o mais produzido e comercializado. Seu cultivo está basicamente voltado para a indústria de sucos e polpas, em especial devido ao seu sabor mais ácido e maior rendimento (ZERAİK *et al.*, 2010). De acordo com Córdova *et al.* (2005), a casca de maracujá apresenta em sua composição quantidades de sódio, cálcio e ferro, sendo o sódio o componente majoritário.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efluente oleoso apresentou turbidez inicial de 774 NTU. A Tabela 1 apresenta os valores de turbidez e o percentual de remoção após os ensaios de adsorção usando cascas de maracujá, onde pode ser observado que ocorreu remoção entre 33,8% e 51,5% após o contato do efluente com as cascas naturais e entre 73,5% e 81,9% após o contato com as cascas hidrofobizadas com cera de carnaúba.

Na figura 1 é possível observar que a maior taxa de remoção (81,9%) ocorreu após contato com cascas hidrofobizadas na maior faixa granulométrica (-14+28). A Figura 2 mostra os valores de turbidez do efluente antes e após contato com as cascas, sendo possível observar uma diminuição desses valores em função da diminuição da granulometria para as cascas naturais do maracujá. Os valores obtidos usando as cascas hidrofobizadas foram mais baixos em comparação com os resultados com cascas naturais, demonstrando uma maior eficiência dos materiais hidrofobizados na adsorção do óleo do efluente sintético.

Adsorvente: Casca de maracujá	Faixa Granulométrica (mesh)	Turbidez (NTU)	Remoção (%)
Natural	(-14+28)	512	33,8
Hidrofobizada	(-14+28)	140	81,9
Natural	(-28+48)	442	42,9
Hidrofobizada	(-28+48)	205	73,5
Natural	(-48+100)	375	51,5
Hidrofobizada	(-48+100)	168	78,3

Tabela 01. Valores de turbidez e percentual de remoção após os ensaios de adsorção com cascas de maracujá naturais e hidrofobizadas.

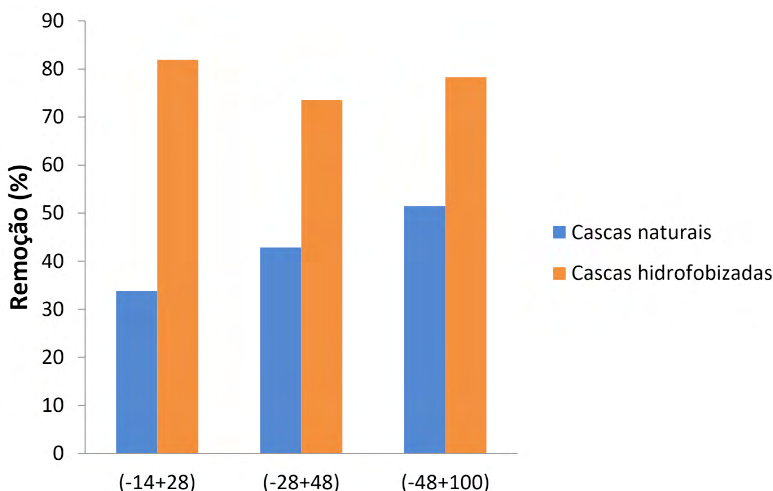


Figura 01. Percentual de remoção de turbidez após contato do efluente com as cascas de maracujá.

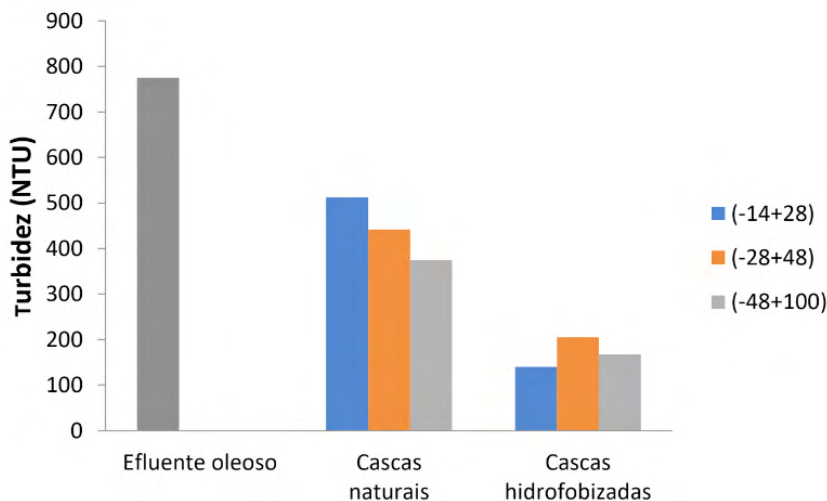


Figura 02. Valores de turbidez do efluente oleoso, antes e após contato com as cascas de maracujá.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os dados obtidos, as cascas de maracujá apresentaram bons resultados na remoção da turbidez do efluente oleoso sintético. O material hidrofobizado com cera de carnaúba mostrou-se mais eficiente que o natural em todas as faixas granulométricas. O percentual mais alto de remoção ocorreu utilizando as cascas hidrofobizadas na maior faixa granulométrica (-14+28). Portanto, os resultados obtidos apontam um bom potencial para o uso de cascas de maracujá como adsorventes de óleo, principalmente estando hidrofobizadas, colaborando para pesquisas que visam à resolução de problemas em relação não só a água produzida, mas também ao destino de resíduos agroindustriais.

REFERÊNCIAS

BORBA, L. L. S.; OLIVEIRA, M. F. D.; MELO, M. A. F.; MELO, D. M. A.; PERGHER, S. B. C. **Preparação de adsorventes à base de materiais naturais hidrofobizados com cera de carnaúba.** *Perspectiva*, Erechim. v.37, n.139, p. 37-46, 2013.

CAZARIN, C. B. B.; SILVA, J. K. da; COLOMEU, T. C.; ZOLLNER, R. de L.; MARÓSTICA J. M. R. **Capacidade antioxidante e composição química da casca de maracujá (*Passiflora edulis*).** *Ciência Rural (SciELO)*, v. 44, n. 9, p. 1699-1704, set. 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução N° 430, de 2011.

CÓRDOVA, K. R. V.; GAMA, T. M.M.T.B.; WINTER, C. M. G.; NETO, G.K.; FREITAS, J. S. **Características físico-químicas da casca do maracujá amarelo (*Passiflora Edulis Flavicarpa Degener*) obtida por secagem.** B. CEPPA, Curitiba, v. 23, n. 2, 2005.

CURBELO, F. D. da S. **Estudo da remoção de óleo em águas produzidas na indústria de petróleo, por adsorção em coluna utilizando a vermiculita expandida e hidrofobizada**. 2002. Dissertação (Mestrado Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2002.

CUSIOLI, L.; BEZERRA, C.; QUESADA, H.; BAPTISTA, A.; BERGAMASCO, R. **Utilização da casca de tangerina para adsorção de atrazina e diuron de águas contaminadas**. Enciclopédia Biosfera, v. 15, n. 28, p. 1510-1518, 2018.

FIGUEREDO, K. S. L.; MARTÍNEZHUITLE, C. A.; TEIXEIRA, A. B. R.; PINHO, AL. S.; VIVACQUA, C. A.; SILVA, D. R. **Study of produced water using hydrochemistry and multivariate statistics in different productions zones of mature fields in the Potiguar Basin – Brazil**. Journal of Petroleum Science and Engineering, 116: pp.109-114, 2014.

FONSECA, R. B. **Campo & Negócios Online**. Disponível em: <https://revistacampo.enegocios.com.br/maracuja-nordeste-ainda-domina-cultivo/>. Acesso em: 11/03/2021.

JUCHEN, P.T.; GOBI, F. P.; HONORIO, G. C.; GONÇALVES, G. C.; VEIT, M. T. **Aplicação do palito de erva-mate como adsorvente no processo de adsorção do corante azul de metileno**. Anais do V Simpósio de Engenharia Química, Maringá, PR, 2013.

MAIA, M. M. M.; ALMEIDA, C. S.; FERREIRA, D. A. C.; BRASIL DELGADO, R. C. O.; SILVA, F. W. M. **Estudo do Mesocarpo do Coco como Adsorvente para a Remoção de Óleo** In: IV Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2021.

PEREIRA, M. V. C; PAULINO, P. D.; BRASIL DELGADO, R. C. O.; SANTIAGO, R. C.; MOTA, A. L. N.; BARBOSA, A, F. F. **Uso da Casca de Banana como Adsorvente para a Remoção da Turbidez de Fluido Oleoso Sintético**. Anais do 10º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Natal-RN, 2019.

QUEIROS, Y. G. C.; CLARISSE, M. D.; OLIVEIRA, R. S.; REIS, B. D.; LUCAS, E. F.; LOUVISSE, A. M. T. **Materiais poliméricos para tratamento de água oleosa: utilização, saturação e regeneração**. Polímeros (SciELO), v. 16, n. 3, p. 224-229, 2006.

RAY, J. P; ENGELHARDT, F. R. **Produced Water: Technological Environmental Issues and Solutions**. James P. Ray & F.Rainer Engelhardt Eds., Plenum Press, New York, 616 p, 1992.

RUTHVEN, D. M. Principles of Adsorption and Adsorption Processes. John Wiley & Sons. 1984.

SILVA, D. C. da; WANDERLEY NETO, A. de O.; PERES, A. E. C.; DANTAS NETO, A. A.; DANTAS, T. N. C. **Removal of oil from produced water by ionic flocculation using saponified babassu coconut oil**. Journal Of Materials Research And Technology, v. 9, n. 3, p. 4476-4484, Elsevier BV. 2020.

STEWART, M.; ARNOLD, K. **Produced Water Treatment Field Manual. Part 1 - Produced Water Treating Systems**, p.1-134, 2011.

ZERAIK, M.L; PEREIRA, C. A. M.; ZUIN, V. G.; YARIWAKE, J. H. **Maracujá: um alimento funcional?** Revista Brasileira de Farmacognosia (SciELO), v.20, p.459-471, 2010.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 30, 31, 32, 72

Adsorvente 3, 4, 5, 6, 8, 20, 21, 61, 63, 64

Afluentes 19

Agência Nacional do Petróleo - ANP 157, 159, 160, 193

Águas subterrâneas 75

Águas superficiais 19, 57, 69, 70, 71, 81

Análise cromatográfica 216

Antibióticos 18, 80, 81

Atomização 87, 88, 89, 90, 91, 197, 201

B

Bioadsorvente 238

Biochemical Oxygen Demand (BOD) 9, 10

Biocombustíveis 8, 93, 96, 98, 99, 101, 102, 105, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 161, 193

Biodiesel 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

C

Carvão ativado 3, 10, 18, 21, 32, 72

Cascas de maracujá 1, 2, 3, 4, 6, 7

Catalisador 93, 94, 95, 98, 108, 109, 118

Chemical Oxygen Demand (COD) 9, 10

Cinética 18, 20, 21, 24, 26, 28, 41, 106

Colunas cromatográficas 215, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226

Combustíveis fósseis 94, 102

Compressibilidade 196, 197

Corpos hídricos 19, 57, 59, 60, 70

Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) 33, 77, 216, 227, 228

D

Densidade 88, 89, 92, 93, 96, 97, 98, 108, 119, 121, 127, 128, 149, 196, 197, 198, 199, 200

Densidade aerada 89, 196, 197, 200

Densidade aparente 92, 196, 198

E

Efeito estufa 45, 46, 49, 94, 102

Efluentes 3, 5, 19, 31, 59, 60, 114, 116, 120, 123, 124, 182, 238

Efluentes domésticos 19

Efluentes industriais 59

Espalhamento de Luz Dinâmico (DLS) 217

Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) 76, 81, 119, 124, 238

F

Fármacos 19, 32, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 218, 227

Fraturas induzidas 150

Fraturas naturais 148

Funil 4, 22, 196, 197, 198, 199, 200

G

Garrafa PET 197

Grafeno 18, 21, 31, 218, 227

H

Hidrofobizada 1, 6, 8

Hormônios 18, 60, 77

I

Impacto ambiental 54, 55

Índices de fluidez de *Hausner* e de *Carr* 87

Inhame 87, 88, 89, 90, 91

Injeção de polímeros 145, 146, 147, 148, 149, 150, 154, 155

Ivermectina 18, 19, 21, 31, 32

M

Materiais particulados 196

Matéria-prima 88, 95, 114, 115, 116, 117, 196

Matrizes aquosas 74, 82

Mesh 1, 2, 4, 6, 10, 36

Microplásticos 77

N

Nanopartículas 215, 217, 218, 219, 220, 226, 227, 228

O

Óleo de fritura 93, 94, 95, 97, 98, 99

Óleo de soja 93, 94, 95, 97, 98, 99

Óleo diesel 1, 4

Organic matter 9, 15, 16

P

Pesticidas 18, 77, 79, 80, 81, 82

Petróleo 1, 2, 5, 8, 34, 35, 36, 37, 94, 96, 99, 102, 103, 104, 126, 127, 128, 129, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 173, 174, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 203, 204, 212, 213, 215

Polímero 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 216

Processos convencionais de tratamento de água e esgoto 18, 78

R

Reaproveitamento 123

Recuperação Avançada de Petróleo (EOR) 126, 128, 145, 146, 147

Recursos hídricos 59, 61, 76, 82, 123

Renovável 93, 94, 95, 102, 104, 105

Reservatórios Não-Convencionais (RNC) 147

Resíduos agroindustriais 3, 5, 7, 122

S

Separação granulométrica 1, 4

Sílica 215, 216, 217, 218, 219, 220, 226, 227, 228

Solução polimérica 147, 149, 150, 151, 154

Surfactantes 18, 34, 82

Sustentável 49, 94, 101, 193, 200, 236

T

Transesterificação etílica 93, 98, 99

Turbidez 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

U

Umidade 60, 88, 89, 90, 103, 107, 108, 109, 232

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA 2



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA 2



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



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



www.facebook.com/atenaeditora.com.br