

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

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.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª 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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

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

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alessandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Prof^a Dr^a Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Prof^a Dr^a Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFRP
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^a Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Prof^a Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^a Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^a Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatiany Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvío Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Desenvolvimento e transferência de tecnologia na engenharia química 2

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 Desenvolvimento e transferência de tecnologia na 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 978-65-5706-922-6

DOI 10.22533/at.ed.226211904

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.

APRESENTAÇÃO

Este e-book intitulado: “Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2” é composto por dezoito capítulos de livros que foram organizados e divididos em três áreas temáticas: (i) minerais e materiais lignocelulósicos; (ii) aplicações industriais e (iii) aplicação de tecnologias avançadas de tratamento com destaque para os processos oxidativos avançados (POAs).

A primeira temática é constituída por oito trabalhos que apresentam estudos de utilização de resíduos como matéria-prima na produção de materiais cerâmicos e a obtenção de materiais de elevado custo e aplicabilidade a partir de matéria-prima mais abundante e economicamente mais acessível. Além disso, apresenta um trabalho que descreve um procedimento experimental para a escolha mais adequada e viável de uma biomassa de origem vegetal que pode apresentar características de um adsorvente e vir a ser utilizado tanto na forma *in natura* quanto modificada quimicamente, objetivando-se a remoção de compostos inorgânicos e orgânicos em diferentes matrizes aquosas. Neste sentido, trabalhos que investigaram a capacidade de remoção de poluentes utilizando minerais (argila) e biomassas vegetais (ricas em celulose e/ou lignina) apresentaram resultados satisfatórios em relação aos compostos-alvo de interesse, com destaque para a remoção do metal cromo hexavalente (Cr^{6+}) e fósforo e nitrogênio amoniacal que provocam a eutrofização de corpos aquáticos e morte de toda a biota.

O segundo tema está associado à aplicação dos conhecimentos de química e engenharia em diferentes seguimentos: (i) alimentação e (ii) processos industriais. No setor de alimentos é apresentado um trabalho que trata da avaliação microbiológica de biscoitos e empanados processados com filé de carpa Húngara, bastante abundante no estado de Santa Catarina. Já em processos industriais é apresentado um estudo que avalia o melhor dimensionamento de um condensador de amônia que possui grandes aplicações em diferentes seguimentos industriais; um estudo que avalia e compara os reatores CSTR e PFR para a produção de combustível proveniente de fontes renováveis e por fim um estudo de caso que avaliou a utilização de biometano em frotas de ônibus de seis cidades do estado de São Paulo.

A última temática trata da aplicação de diferentes POAs (Fenton e fotocatalise heterogênea tanto com o trióxido de tungstênio dopado com prata ($\text{WO}_3\text{-Ag}$) quanto o dióxido de titânio (TiO_2) para a degradação de diferentes CIEs (fármacos, microplásticos) que vem sendo reportado em trabalhos realizados em todo o mundo. No Brasil a falta de uma legislação mais restritiva associada a falta de fiscalização vem colaborando para a maior detecção e quantificação de diferentes CIEs nos diferentes compartimentos aquáticos afetando a qualidade e a sobrevivência dos diferentes organismos presentes nos inúmeros ecossistemas brasileiros.

Neste sentido, a Atena Editora vem colaborando com pesquisadores de todas as áreas do conhecimento possibilitando a divulgação de seus trabalhos e contribuindo com a disseminação destas informações de forma gratuita e acessível em diferentes plataformas digitais.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DE LAMA ABRASIVA PROVENIENTE DO CORTE DE GRANITO NA PRODUÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA

Adriel Martins da Silva
Keina Dalila dos Santos
Luan Regio Pestana
Luís Ramon Silva Ferreira
Façal Gazel

DOI 10.22533/at.ed.2262119041

CAPÍTULO 2..... 13

VULCANIZAÇÃO COM PRODUTOS NATURAIS: UMA ANÁLISE ATRAVÉS DA MODELAGEM MOLECULAR

Helson Moreira da Costa
Valéria Dutra Ramos

DOI 10.22533/at.ed.2262119042

CAPÍTULO 3..... 40

OBTAINING GRAPHENE OXIDE FROM GRAPHITE USING THE HUMMERS METHOD

Dailson José de Queiroz Lima
Samantha Amorim Rebolledo
Everton Fabrício Franceschi
Leonardo Auco Brochetti

DOI 10.22533/at.ed.2262119043

CAPÍTULO 4..... 56

PROCEDIMENTOS ALTERNATIVOS DE ADSORÇÃO NO TRATAMENTO DE EFLUENTES: UMA TRIAGEM EXPERIMENTAL

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Bruno Elias dos Santos Costa
Nivia Maria Melo Coelho

DOI 10.22533/at.ed.2262119044

CAPÍTULO 5..... 69

UTILIZAÇÃO DE ARGILA TIPO CAULINITA IN NATURA E TRATADA SUPERFICIALMENTE NA ADSORÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE Cr(VI)

Lenice Campos
Robert Orlando Braz Giacomini
João Batista dos Santos Magalhães de Almeida
Pedro Roberto Araújo Santos Filho
Mario Sérgio da Rocha Gomes

DOI 10.22533/at.ed.2262119045

CAPÍTULO 6..... 81

AValiação DA INFLUÊNCIA DE PRÉ-TRATAMENTOS ALCALINOS NA EXTRAÇÃO DA

LIGNINA PRESENTE NA FIBRA DO MESOCARPO DO COCO

Geovanna Miranda Teixeira

Emanuel Souza de Souza

Leila Maria Aguilera Campos

DOI 10.22533/at.ed.2262119046

CAPÍTULO 7..... 95

EL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA DE BAMBÚ ANGUSTIFOLIA “BAMBUSOIDEAE” FACTOR DETERMINANTE DEL PORCENTAJE DE CELULOSA EXTRAIDO

Willam Esparza

Luis Chamorro

Wilson Herrera

DOI 10.22533/at.ed.2262119047

CAPÍTULO 8..... 105

OTIMIZAÇÃO DA REMOÇÃO DE FÓSFORO E NITROGÊNIO AMONÍACAL POR LIGNINA

Lenice Campos

Bárbara Leticia Peroni

João Batista dos Santos Magalhães de Almeida

Pedro Roberto Araújo Santos Filho

Mario Sérgio da Rocha Gomes

DOI 10.22533/at.ed.2262119048

CAPÍTULO 9..... 118

HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DA PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR: ESTUDO CINÉTICO E MODELAGEM SEMI-MECANÍSTICA

Gustavo Batista

Renata Beraldo Alencar de Souza

Antonio José Gonçalves Cruz

DOI 10.22533/at.ed.2262119049

CAPÍTULO 10..... 126

APLICAÇÃO DE WETLANDS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Camila Daniely Costa

Daylaine Aguiar Santos

Manfredo Frederico Felipe Hoppe

DOI 10.22533/at.ed.22621190410

CAPÍTULO 11..... 141

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE BISCOITOS E EMPANADOS PROCESSADOS COM E SEM GLÚTEN A PARTIR DE FILÉ DE CARPA HÚNGARA (*CYPRINUS CARPIO*)

Arthur Mateus Schreiber

Alessandro Hermann

DOI 10.22533/at.ed.22621190411

CAPÍTULO 12..... 148

DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DE CONDENSADOR DE AMÔNIA DO TIPO PLACA

EM ESPIRAL

Maria Clara de Carvalho Aguiar
Alex Vazzoler

DOI 10.22533/at.ed.22621190412

CAPÍTULO 13..... 157

ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DOS REATORES CSTR E PFR PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Gabriella Santos Soares
Sabrina Rodrigues da Silva

DOI 10.22533/at.ed.22621190413

CAPÍTULO 14..... 171

BIOMETHANE FROM LANDFILL GAS IN URBAN BUS FLEETS: STUDY CASE IN SIX CITIES IN ARC, STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

Mauro Donizeti Berni
Paulo Cesar Manduca
Ivo Leandro Dorileo
Leonardo G. de Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.22621190414

CAPÍTULO 15..... 180

REAGENTES FENTON: TÉCNICA ANALÍTICA PARA PRÉ-TRATAMENTO DE AMOSTRAS DE ÁGUAS RESIDUAIS CONTAMINADAS POR MICROPLÁSTICOS

Andressa Rossatto
Maurício Zimmer Ferreira Arlindo
Taiana Denardi de Souza
Christiane Saraiva Ogradowski

DOI 10.22533/at.ed.22621190415

CAPÍTULO 16..... 184

UTILIZAÇÃO DE MATERIAS BIOADSORVENTES PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS CONTAMINADAS E REDUÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS

José Henrique Hammerschmidt Muhlbeier
Luís Fernando Cusioli
Laiza Bergamasco Beltran
Rosângela Bergamasco

DOI 10.22533/at.ed.22621190416

CAPÍTULO 17..... 194

SÍNTESE E AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE WO₃-Ag PARA FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA NA DEGRADAÇÃO DE ACETAMINOFENO

Beatriz Lara Diego dos Reis Fusari
Antonio Carlos Silva Costa Teixeira
Priscila Hasse Palharim

DOI 10.22533/at.ed.22621190417

CAPÍTULO 18.....	207
DEGRADAÇÃO DA AMOXICILINA POR PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO EM REATOR CONTÍNUO COM TiO₂ FIXADO AO LEITO	
Bruno Rampanelli Dahmer	
Sabrina Grando Cordeiro	
Giovana Wanessa Franke Bohn	
Jéssica Adriane Barth	
David Green	
Eduardo Miranda Ethur	
Elisete Maria de Freitas	
Gustavo Reisdorfer	
Lucélia Hoehne	
DOI 10.22533/at.ed.22621190418	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	218
ÍNDICE REMISSIVO.....	219

UTILIZAÇÃO DE ARGILA TIPO CAULINITA IN NATURA E TRATADA SUPERFICIALMENTE NA ADSORÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE CR(VI)

Data de aceite: 01/04/2021

Data de submissão: 05/01/2021

Lenice Campos

Faculdades Integradas de Aracruz - FAACZ
Aracruz – ES
<http://lattes.cnpq.br/3040752580713922>

Robert Orlando Braz Giacomini

Faculdades Integradas de Aracruz - FAACZ
Aracruz – ES
<http://lattes.cnpq.br/6079423871292305>

João Batista dos Santos Magalhães de Almeida

Faculdades Integradas de Aracruz - FAACZ
Aracruz – ES
<http://lattes.cnpq.br/1843725881675263>

Pedro Roberto Araújo Santos Filho

Faculdades Integradas de Aracruz - FAACZ
Aracruz – ES
<http://lattes.cnpq.br/3148149974277695>

Mario Sérgio da Rocha Gomes

Faculdades Integradas de Aracruz - FAACZ
Aracruz – ES
<http://lattes.cnpq.br/3294484867398346>

RESUMO: A preocupação referente a contaminação dos recursos hídricos contendo metais pesados, como o cromo hexavalente, é crescente devido a sua toxicidade agregada. A adsorção tem se destacado como tecnologia complementar a outros tratamentos. Assim, o objetivo do presente trabalho consiste em

avaliar a argila Caulinita coletada no município de Aracruz – ES na sua forma in natura (AIN) e após alterações superficiais, aplicando ativação ácida (AA1M) e tratamento térmico (AT500), como adsorvente, quando aplicada na remoção de cromo hexavalente Cr(VI) presente em soluções aquosas. A adsorção do íon cromo foi analisado por meio de espectrofotômetro UV- Vis. A capacidade adsorvente da argila foi avaliada através de isotermas de adsorção, analisando o tempo de contato (30 e 60 minutos) e a concentração inicial (Ci) do íon Cr(VI) nas amostras, variando em 0,1, 1, 5 e 10 ppm, relacionando aos modelos de Langmuir e Freundlich. Analisou-se que o modelo linearizado de Langmuir foi mais favorável no ajuste dos dados experimentais. As argilas estudadas apresentaram maior eficiência na adsorção do Cr(VI) em baixas concentrações.

PALAVRAS-CHAVE: Adsorção, isotermas, íons metálicos, caulinita.

APPLICATION OF THE IN NATURAL TYPE KAOLINITE CLAY AND SUPERFICIALLY TREATED IN THE ADSORPTION OF HEXAVALENT CHROME CR(VI)

ABSTRACT: The concern about the contamination of water resources containing metal ion such as hexavalent chromium is increasing due to its toxicity aggregate. In this context adsorption has stood out as complementary technology to other treatments. Thus, the objective of this study is to evaluate the Kaolinite clay collected in the municipality of Aracruz- ES in natural form (AIN) and after surface changes, applying acid activation (AA1M) and heat treatment (AT500) as

adsorbent when applied in the removal of Cr(VI) hexavalent chromium present in aqueous solutions. Chromium ion adsorption was analysed by UV-Vis spectrophotometer. The adsorbent capacity of clay was evaluated by adsorption isotherms analyzing the contact time (30 and 60 minutes) and the initiation concentration (C_i) of the Cr(VI) ion in the samples, ranging in 0.1, 1, 5 and 10 ppm relating to the Langmuir and Freundlich models. The Langmuir model show better fit experimental data. The clays were more efficient in adsorption of the Cr(VI) in low concentrations.

KEYWORDS: Adsorption, isotherms, metal ions, kaolinite.

1 | INTRODUÇÃO

Com a preocupação crescente das questões ambientais, o tratamento dos efluentes (principalmente os que possuem metais em sua composição), se torna cada vez mais evidente e com maior possibilidade de pesquisa. Um dos elementos que está presente nesta rotina de geração de efluentes é o íon cromo hexavalente, amplamente utilizado em processos de chapeamento de metal, curtimento de couro, processos de pintura. Du e Zhang (2006) esclarecem que o Cr (VI) apresenta maior toxicidade aos seres vivos, devido a características de difusão na membrana celular, produzindo radicais livres através de oxidação e causam efeitos carcinogênicos e mutagênicos. O Art. 16 da Resolução 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) determina o valor máximo de cromo hexavalente que um efluente pode conter para o lançamento, sendo este de 0,1 mg/L (BRASIL, 2011).

Segundo Teixeira-Neto & Teixeira-Neto (2009), as argilas têm sido usadas, como adsorventes em processos industriais, para a remoção de compostos diversos de efluentes industriais. Sendo assim, a aplicação de argilas para adsorção de íons metálicos tem sido objeto de interesse de estudo em virtude de inúmeras vantagens técnicas e econômicas, além da sua disponibilidade abundante. Entretanto, com o intuito de melhorar suas propriedades adsorptivas, faz-se a modificação superficial das argilas, que normalmente promovem o aceleramento da destruição das lamelas, eliminação de impurezas e alterações da composição química e estrutural da argila, resultando no aumento da sua capacidade de adsorção.

As argilas produzidas no Espírito Santo são provenientes de depósitos formados em áreas de inundações de rios, as planícies aluviais, e, secundariamente, de camadas de argilitos e siltitos do Grupo Barreiras. Nos estudos apresentados por Melo *et al.* (2002) no município de Aracruz, a camada de 14 m de profundidade é considerada o material de excelência da mina, correspondendo a um silito argiloso esbranquiçado, bastante homogêneo, contendo a caulinita como principal mineral da fração argila. Sendo o grupo da caulinita, argilominerais constituídos por camadas do tipo 1:1, com uma composição teórica de 46,5 % de SiO_2 , 39,5 % de Al_2O_3 e 14,0 % de água, não permitindo a substituição na camada tetraédrica, do Si^{4+} pelo Al^{3+} e nem do Al^{3+} por outros íons na camada octaédrica

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

No desenvolvimento desta pesquisa, a argila do tipo caulinita, *In Natura*, utilizada como adsorvente foi cedida pela empresa DLL Extração e Comércio de Argila, localizada no bairro Vila do Riacho, região litorânea do município de Aracruz. Como adsorvato foi utilizada uma solução sintética com concentração de 500 ppm de cromo hexavalente [Cr(VI)] que foi preparada no Laboratório de Pesquisa do Departamento de Engenharia Química das Faculdades Integradas de Aracruz (FAACZ), a partir da diluição de 1,414g de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), da marca Neon, a 1000 mL de água destilada para obter diferentes concentrações do íon Cr(VI): 0.1, 1, 5 e 10 ppm.

2.2 Métodos

2.2.1 Preparação do Adsorvente

A amostra de argila foi previamente desagregada em almofariz e padronizada em processo de peneiramento em malha de 100 Mesh-Tyler (0,147 mm).

2.2.2 Tratamentos da Argila

Tratamento Térmico: A argila *In Natura* foi submetida ao processo de calcinação em Forno Mufla Quimis, modelo Q-318021, à 500 °C pelo período de 24 horas. Em seguida, a amostra foi reservada em dessecador com sílica gel para ser utilizada nos ensaios (CAMPOS *et al.*, 2019). A amostra foi denominada de AT500.

Tratamento Ácido: Foi preparada uma solução de Ácido Clorídrico (HCl), com concentração de 1M. A amostra de argila *In Natura* foi mantida em contato com a solução ácida durante um período de 24 horas em agitação constante. Após o tratamento a argila foi lavada com água, a fim de se obter um filtrado com pH em torno de seis. Posteriormente o material foi seco em estufa a 60 °C por 24 horas e armazenado em um pisa filtro (adaptado de Rodrigues, 2006). A amostra foi denominada de AA1M.

2.2.3 Ensaios de Adsorção

Os ensaios em leito fluidizado foram realizados em recipientes com um volume de 50 mL das soluções sintéticas do $K_2Cr_2O_7$, preparadas nas concentrações 0.1, 1, 5 e 10 ppm. Para cada concentração descrita adicionou-se 0,4 g das argilas ativadas e *In Natura*, individualmente, em triplicata, totalizando nove béqueres por concentração, que foram agitados em Shaker Marconi, modelo Duplicação MA 570. Para os ensaios, os tempos de

agitação definidos foram de 30 e 60 minutos. Após a agitação retiraram-se alíquotas de 12,5 mL das soluções de Dicromato de Potássio, as quais foram devidamente filtradas, centrifugadas e diluídas em um balão volumétrico até completar 50 mL. Para determinação da concentração de íons Cr(VI) presentes nas amostras obtidas utilizou-se o método de análise 3500-Cr (Colorimétrico) do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA *et al.*, 1992). Esse método consistiu em transferir a amostra de cromo para um béquer de 50 mL, adicionando-se 1 mL de 1,5-difenilcarbazida e cinco gotas de ácido sulfúrico (H₂SO₄) para manter o pH entre 1,0 ± 0,3.

As soluções ficaram em repouso de 5 a 10 minutos para que ocorresse a formação completa da cor característica vermelho-violeta. As soluções sintéticas tiveram a concentração do íon Cr(VI) determinadas através da leitura da absorbância, realizada no comprimento de onda de 540 nm, utilizando-se cubeta de quartzo de caminho óptico de 1,0 cm em espectrofotômetro de UV-VIS Bioespectro SP, modelo SP 220.

2.3 Metodologia de Cálculo

Para o ajuste dos dados experimentais, aplicaram-se os modelos lineares de isotermas propostos por Langmuir e Freundlich.

A capacidade de adsorção do material (q_e) foi calculado conforme a Equação (1).

$$q_e = \frac{(C_i - C_e) \cdot V}{m} \quad (1)$$

Onde C_i é a concentração inicial da solução, C_e é a concentração final da solução obtida, V é o volume de solução utilizado e m é a massa seca de adsorvente aplicada.

Em seguida foram aplicados os modelos lineares de Langmuir e Freundlich conforme as Equações (2) e (4), respectivamente.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{max}K_L} + \frac{C_e}{q_{max}} \quad (2)$$

Onde q_{max} é a capacidade máxima de adsorção e K_L é a constante de Langmuir.

Para o modelo de Langmuir, foi avaliado o Parâmetro de Equilíbrio (R_L), como demonstrado pela Equação (3).

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_i} \quad (3)$$

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (4)$$

Onde K_f é a constante de Freundlich e n é o parâmetro de Freundlich.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito da Concentração e Tempo na Adsorção do íon Cr(VI)

A curva padrão obtida foi de [Concentração de Cr(VI)] = 0,1639[Absorbância] (com coeficiente de determinação de $R^2 = 0,9987$). Na Tabela 1 são apresentados os valores de leitura de absorbância das amostras de argila *In Natura* e ativadas, aplicadas na adsorção do íon Cr(VI).

Ci (ppm)	Tempo de Agitação de 30 minutos					
	AIN		AA1M		AT500	
	Abs	% remoção	Abs	% remoção	Abs	% remoção
0,1	0,022	100,000	0,019	100,000	0,012	100,000
1	0,174	9,000	0,049	86,000	0,172	11,000
5	0,697	18,000	0,692	18,600	0,686	19,400
10	1,642	1,400	1,620	2,700	1,606	3,600

Ci (ppm)	Tempo de Agitação de 60 minutos					
	AIN		AA1M		AT500	
	Abs	% remoção	Abs	% remoção	Abs	% remoção
0,1	0,015	100,000	0,013	100,000	0,015	100,000
1	0,157	20,000	0,169	12,000	0,170	15,000
5	0,779	8,000	0,806	4,800	0,801	5,400
10	1,558	6,500	1,609	3,400	1,597	4,000

Tabela 1 – Resultados das leituras da adsorção do elemento Cr(VI)

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Para melhor avaliação dos dados de porcentagem de remoção em função da inicial (Ci) da solução, foi elaborado o Gráfico 1 referente aos valores apresentados pela Tabela 1.

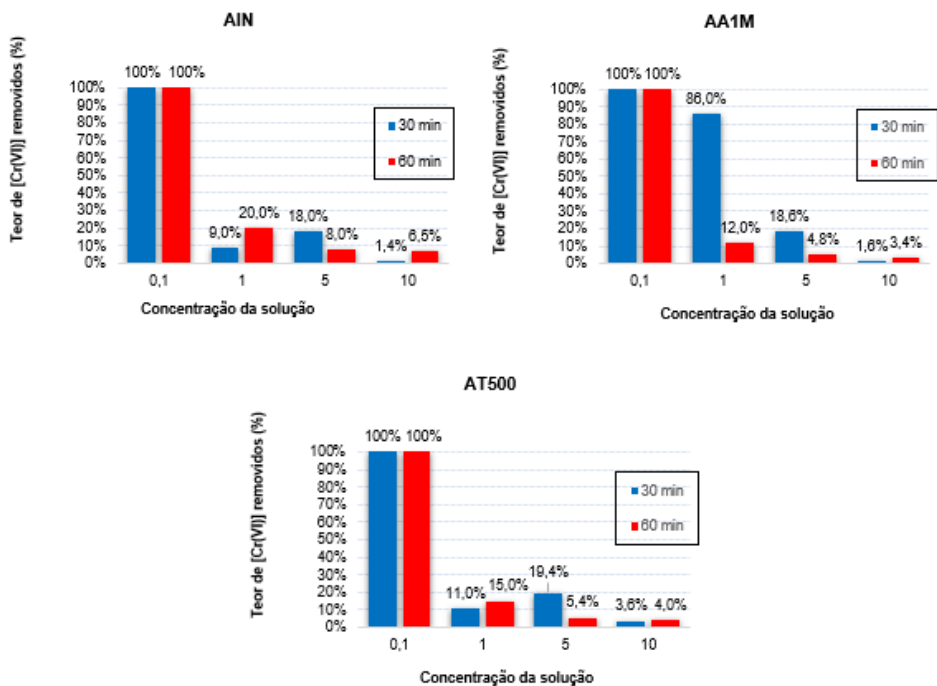


Gráfico 1 – Adsorção do elemento [Cr(VI)] nas amostras de argilas.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Verifica-se que as amostras de $C_i = 0,1$ ppm apresentaram completa remoção dos íons presentes na solução, dentro da faixa de detecção do espectrofotômetro, para as três argilas aplicadas neste estudo. Para $C_i = 1$ e 10 ppm as argilas AIN e AT500 apresentaram comportamentos semelhantes, onde o tempo de 60 minutos apresentou melhores resultados de remoção do íon Cr(VI). A argila AA1M demonstrou comportamento distinto, entregando resultados mais favoráveis no tempo de 30 minutos, sendo que para $C_i = 1$ ppm ocorreu maior percentual de remoção (86%).

Porém para $C_i = 10$ ppm os valores de remoção do íon metálico, em todas as argilas, demonstraram-se consideravelmente menores, se comparados às outras concentrações.

Em outro estudo que sugeriu a remoção do íon Cr(VI) utilizando argila caulinita, Campos et al (2019) destacam que a argila ativada termicamente (AT500) apresentou menor eficiência na adsorção do íon metálico, com valores menores, inclusive comparando-se à argila do tipo caulinita *in natura*.

Na ativação ácida (AA1M) é possível dizer que houve pequena minimização das cargas negativas interlamelares e assim, redução da repulsão eletrostática entre o íon e adsorvente, promovendo um aumento na capacidade adsorptiva da argila na remoção de Cr(VI) da solução, na maioria das vezes em quantidade mínima nas menores concentrações

(0,1 e 1 ppm).

3.2 Estudo dos Modelos Linearizados de Langmuir e Freundlich na Adsorção do íon Cr(VI)

Os modelos de isotermas de Langmuir e Freundlich foram utilizados para descrever o comportamento do processo de adsorção de cromo hexavalente. A linearização dos modelos foi aplicada para os resultados obtidos, em cada argila utilizada, possibilitando uma melhor interpretação dos dados, conforme apresentado nos gráficos 2, 3, 4 e 5 respectivamente.

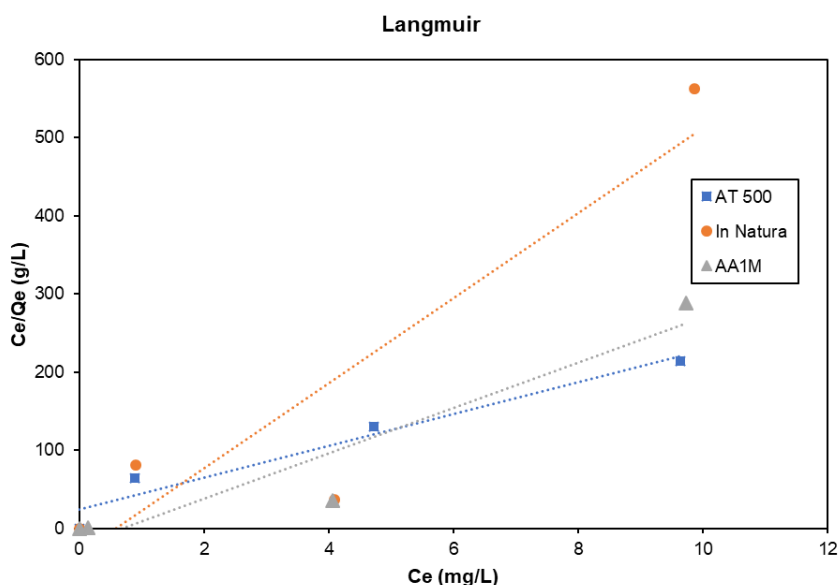


Gráfico 2 – Modelo de linearizado de Langmuir na adsorção de Cr(VI) em 30 minutos.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

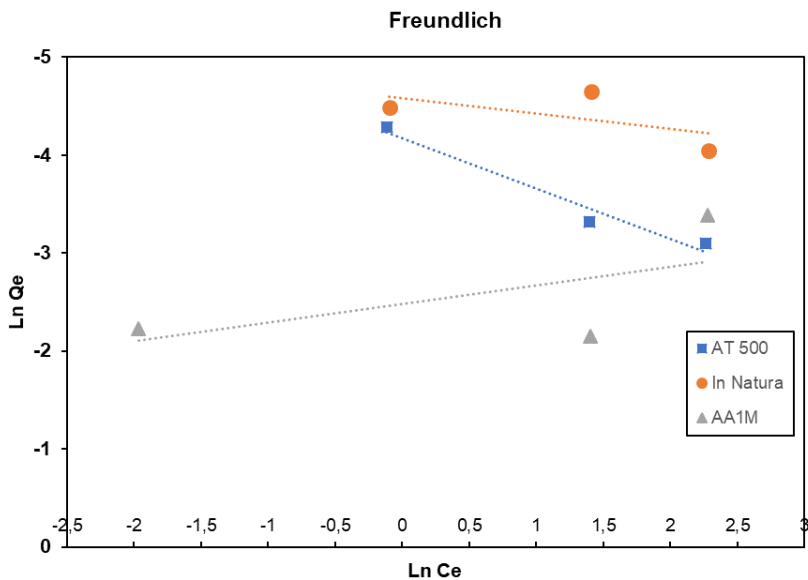


Gráfico 3 – Modelo de linearizado de Freundlich na adsorção de Cr(VI) em 30 minutos.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

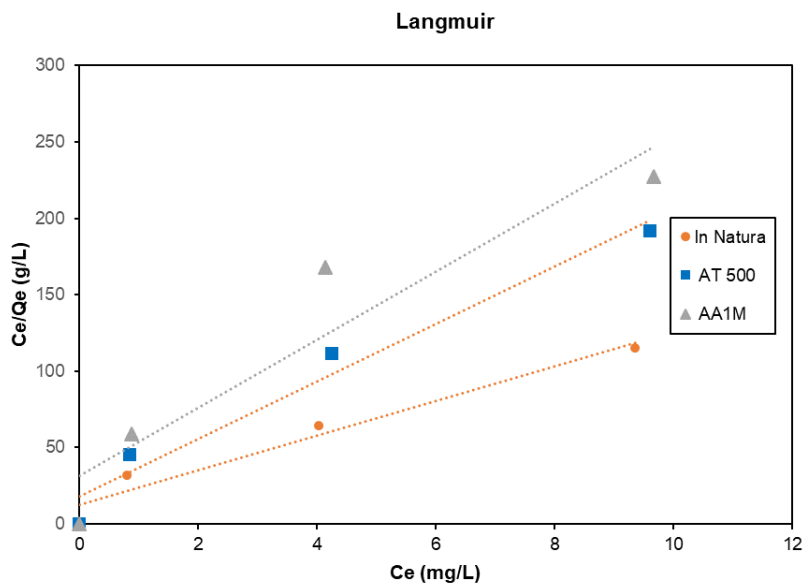


Gráfico 4 – Modelo de linearizado de Langmuir na adsorção de Cr(VI) em 60 minutos.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

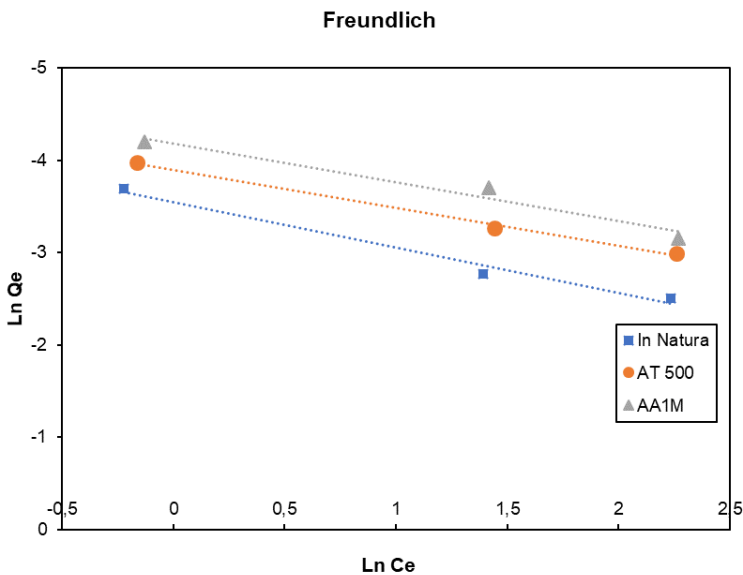


Gráfico 5 – Modelo de linearizado de Freundlich na adsorção de Cr(VI) em 60 minutos.

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

As isotermas foram descritas pelos modelos linearizados, conforme dados expostos na Tabela 2.

	AIN (30 min)	AA1M (30 min)	AT500 (30 min)
Freundlich			
K_F	0,0103	0,0836	0,0154
n_F	6,4935	5,2549	1,9470
R^2	0,3574	0,3787	0,9613
Langmuir			
$q_{m\acute{a}x}$	0,0183	0,0345	0,0492
K_L	1,6795	1,4600	0,8252
R^2	0,8452	0,9077	0,9516
	AIN (60 min)	AA1M (60 min)	AT500 (60 min)
Freundlich			
K_F	0,0288	0,0152	0,0203
n_F	2,0342	2,3759	2,4420
R^2	0,9818	0,9960	0,9630
Langmuir			
$q_{m\acute{a}x}$	0,0884	0,0449	0,0530
K_L	0,8913	0,7000	1,0508
R^2	0,9569	0,8938	0,9672

Tabela 2 – Parâmetros das Isotermas de adsorção do Cromo Hexavalente [Cr(VI)]

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Na equação de Freundlich, K_F é a constante de Freundlich que representa a capacidade de adsorção e n_f é uma constante que descreve a intensidade de adsorção. Onde valores de n_f na faixa $1 < n_f < 10$ indicam adsorção favorável. No modelo de Langmuir os valores de K_L e q_{max} indicam a capacidade de adsorção do material.

A avaliação dos modelos foi realizada pela comparação dos coeficientes de correlação (R^2), os valores K_F e q_{max} . Analisou-se que o modelo melhor representado por estes fatores foi o modelo linearizado de Langmuir, como evidenciado por Deng et al (2014), pois em ambos os tempos este manteve um padrão em apresentar valores contundentes, quanto à capacidade de adsorção de $Cr(VI)$.

O modelo de Langmuir evidencia que o processo de adsorção ocorreu em monocamada, em superfície homogênea. Pelo fato da argila caulinita ser constituída de camada 1:1, torna-se menos reativa, o que limita a adsorção em sua superfície externa.

A adsorção de ânions de cromo hexavalente, utilizando argila do tipo caulinita, mesmo que modificada, resultou em valores percentuais de remoção pouco significativos, que podem ser atribuídos à carga de superfície da argila ser totalmente negativa e o adsorbato possuir natureza aniônica, o que também foi observado por Krishna (2001); Aragão et al (2013); Miranda (2014).

Em relação ao modelo de Langmuir, um indicativo importante é o fator de separação (R_L). Esse fator indica que o processo é favorável, compreendendo valores entre $0 < R_L < 1$. A Tabela 3 apresenta os valores de R_L calculados para as concentrações iniciais (C_i) das soluções de $[Cr(VI)]$ estudadas.

Concentrações	AIN (30 min)	AA1M (30 min)	AT500 (30 min)
0,1	0,8562	0,8726	0,9238
1	0,3732	0,4065	0,5479
5	0,1064	0,1205	0,1951
10	0,0562	0,0641	0,1081
Concentrações	AIN (60 min)	AA1M (60 min)	AT500 (60 min)
0,1	0,9182	0,9346	0,9049
1	0,5287	0,5882	0,4876
5	0,1833	0,2222	0,1599
10	0,1009	0,1250	0,0869

Tabela 3 - Parâmetro de Equilíbrio de Langmuir (R_L)

Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Com relação aos fatores determinados, observa-se que os valores mais favoráveis, indicados por tal parâmetro, foram nas concentrações iniciais de 0.1 ppm e 1 ppm, sendo estas as que apresentaram maior potencial adsorptivo de cromo hexavalente.

4 | CONCLUSÃO

Quanto a remoção de íons Cr(VI), nas condições estudadas, o processo não se mostrou satisfatório, corroborando com os resultados encontrados em outros estudos utilizando argilas caulinitas. Destaca-se que o processo pode ser influenciado por vários fatores, mas o principal está ligado à superfície da argila, que é carregada negativamente, tornando este tipo de argila menos reativa, dificultando o processo de adsorção na superfície.

Avaliando a porcentagem de remoção do íon, as concentrações de 0.1 ppm e 1 ppm proporcionaram melhores valores de remoção, sendo que para a primeira concentração todas as argilas estudadas removeram o Cr(VI) e para a segunda concentração, a AA1M apresentou melhor resultado.

A adsorção do cromo hexavalente foi melhor representada pelo modelo linearizado de isoterma de Langmuir, demonstrando valores mais ajustados de capacidade de adsorção e de interação entre adsorvente e adsorbato, quando comparados os valores de K_F e n_F para Freundlich e K_L e q_{max} para Langmuir.

Compreende-se que a argila caulinita do município de Aracruz/ES, em função de suas características estruturais e químicas, pode ser empregada em tratamentos secundários, para remoção de menores concentrações do íon cromo hexavalente.

5 | NOMENCLATURA

C_e	Concentração de corante na fase
C_i	Concentração de corante inicial na solução
K_L	Constante de adsorção de Langmuir
K_F	Constante de adsorção de Freundlich
m	Massa de adsorvente seca
q_{eq}	Capacidade de adsorção de equilíbrio
q_{max}	Capacidade máxima de adsorção
v	Volume da solução
λ	Comprimento de onda
R_L	Parâmetro de equilíbrio
n	Fator de heterogeneidade

REFERÊNCIAS

ARAGÃO, D. M.; ARGUELHO, M. L. P.M.; ALVES, J. P. H.do.; PRADO, C. M. O. **Estudo comparativo da adsorção de Pb (II), Cd (II) e Cu (II) em argila natural caulínica e contendo montmorilonita.** Orbital: The Electronic Journal of Chemistry, v. 5, n. 3, p. 157-163, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução N° 430 de 13/05/2011 (Federal) - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução N° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. 2011. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646/>>. Acesso em: 11 set. 2019.

CAMPOS, L. et al. **Avaliação do potencial de adsorção de íons metálicos e do corante de azul de metileno em argila in natura e tratada superficialmente.** Congresso Brasileiro de Engenharia Química. 21-24 de julho, Uberlândia-MG, 2019.

Deng, L., Shi, Z., Luo, L., Chen, S. Y., Yang, L. F., Yang, X. Z., & Liu, L. S. (2014). **Adsorption of hexavalent chromium onto kaolin clay based adsorbent.** Journal of Central South University, 21(10), 3918-3926.

KRISHNA, B. S.; MURTY, D. S. R; PRAKASH, B. S. J. **Surfactant-modified clay as adsorbent for chromate.** Applied Clay Science. V. 20, p. 65–71, 2001.

MELO, V. F.; NOVAIS, R. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FONTES, M. P. F.; SINGH, B. **Mineralogia das Frações Areia, Silte e Argila de Sedimentos do Grupo Barreiras no Município de Aracruz, Estado do Espírito Santo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 26, núm. 1, pp. 29-41, 2002.

MIRANDA, E. S. **Argila Caulinita da Região Norte do Brasil: Caracterização e Aplicação como Adsorventes de Compostos Orgânicos (BTX) E Oxiânions de Cromo Hexavalente.** -- Belém, 2014. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th Edition, p. 309-312, 1995.

RODRIGUES, M. G. F.; PEREIRA, K. R. O.; VALENZUELA DÍAZ, F. R.. Obtenção e caracterização de materiais argilosos quimicamente ativados para utilização em catálise. Cerâmica, vol. 52, p. 206-263, 2006.

TEIXEIRA-NETO, É., TEIXEIRA-NETO, Â. A., **Modificação química de argilas: desafios científicos e tecnológicos para obtenção de novos produtos com maior valor agregado.** 2009. Química Nova, vol. 32, nº 3, p. 809-817.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorbância 72, 73, 205, 212, 214

Adsorção 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 121, 127, 184, 186, 189, 190, 191, 192, 196, 201, 204, 205

Adsorvente 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 69, 71, 72, 74, 79, 184, 186, 187, 188, 189, 190, 191

Águas superficiais 208, 209

Ambiente aquático 132, 185, 194

Analito 59, 60, 61, 62, 64, 65

B

Bactérias 128, 130, 136, 142, 146, 209

Bioadsorventes 58, 184, 218

Biocombustíveis 83, 158

Biodegradável 107, 158

Biodiesel 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 173

Biogás 179

Biomassa 59, 65, 82, 83, 84, 86, 87, 92, 119, 120, 121, 123, 124, 128, 160

C

Carbono 7, 13, 16, 21, 30, 40, 54, 83, 210, 212

Celulose 59, 60, 66, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 89, 90, 105, 116, 119, 120, 121, 124, 189

Coagulante 108, 117

Coliformes 116, 141, 142, 143, 145, 146

Condensador 148, 149, 150, 152, 153

Contaminação 26, 69, 215

Contaminantes emergentes 56, 185

Copolímero 13, 14, 20, 38

D

Degradação 65, 85, 127, 182, 194, 195, 197, 201, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216

Densidade 11, 29, 58, 107, 108, 112, 113

Desenvolvimento sustentável 2, 11

Dessorção 196, 201

Destilação 152

Diesel 157, 158, 160, 169, 170, 172, 173, 175, 176, 177, 179

Dióxido de titânio (TiO₂) 210

E

Ecosistema 129, 130

Espectroscopia 54, 61, 83, 86, 90, 184, 196

Estação de tratamento de esgoto (ETE) 65, 218

Estrutura amorfa 82, 83

F

Fármacos 64, 184, 185, 186, 194, 208

Fibras 60, 83, 86, 87, 96

Floculante 105, 106, 107, 110

Fluido 55, 148, 149, 150, 167

Fotoatividade 195, 213

Fotocatalisador 194, 203, 204, 210, 213

Fotocatálise heterogênea 194, 210

G

Granulometria 3, 4, 63, 84, 120, 190, 208, 212, 213, 216

H

Hidrofílico 21, 58

I

Indústria química 148

In natura 14, 59, 61, 64, 65, 67, 69, 71, 73, 74, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 92, 120, 187, 188

L

Lignina 60, 61, 66, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 119, 120

M

Mananciais 2, 208

Materiais lignocelulósicos 56, 59, 60, 61, 85, 120

Matéria-prima 2, 83

Matrizes ambientais 183

Meio ambiente 1, 2, 70, 80, 82, 87, 106, 116, 126, 128, 181, 184

Metais 2, 55, 56, 57, 58, 62, 63, 64, 69, 70, 127, 130, 138, 186, 210, 218

Microscopia eletrônica de varredura (MEV) 62, 184, 196, 211, 212

Mineral 70

Mineralização 212, 215

N

Nanomateriais 40

Nanopartículas 184, 186, 187, 188, 192, 194, 195, 197, 212, 213

O

Óleos 13, 14, 16, 17, 20, 22, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 37, 38, 39, 157, 158, 160, 161, 162, 164, 169

Otimização 20, 54, 56, 58, 62, 63, 84, 105, 106, 122, 153, 165, 166, 168, 170

Oxidação 54, 63, 70, 127, 160, 194, 204, 215

P

Patógenos 127, 141, 209

Polímero 14, 60, 96, 106, 107, 112, 119

Polissacarídeos 61

Pré-tratamento 58, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 119, 120, 124, 125, 180, 182, 183, 210

Processos industriais 70, 82, 83

Processos oxidativos avançados 57, 194, 195, 208, 209, 210, 218

R

Radiação 61, 132, 195, 196, 200, 210, 216, 218

Reaproveitamento 1, 3, 12, 56, 126, 136, 138

Recursos hídricos 69, 127, 128

Remediação ambiental 56, 58, 218

Remoção 57, 59, 64, 65, 67, 69, 70, 73, 74, 78, 79, 82, 84, 87, 88, 105, 110, 113, 114, 115, 116, 127, 128, 130, 131, 139, 163, 182, 183, 184, 185, 186, 190, 191, 192, 201, 216, 218

Renovável 82, 83, 158, 160, 161

Resíduo 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11, 67, 81, 82

Resistência 1, 2, 7, 9, 10, 11, 14, 25, 58, 82, 118, 119, 122, 123, 124, 208

S

Semicondutor 213

Superfície 21, 61, 78, 79, 84, 110, 115, 130, 131, 132, 133, 143, 149, 186, 187, 188, 190,

196, 197, 204, 205, 211

T

Temperatura 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 17, 31, 63, 84, 95, 96, 98, 111, 112, 119, 120, 127, 136, 143, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 159, 161, 164, 166, 168, 182, 183, 187, 188, 189, 196, 197

Toxicidade 70, 194, 195, 209

Tratamento de efluentes 56, 57, 58, 65, 105, 126, 139, 208

Trocador de calor 148, 149, 152, 153, 154

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021

Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia na Engenharia Química 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021