

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](http://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>

<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>114</b>
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	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261011">https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261011</a>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>126</b>
ANÁLISE DE RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO ATRAVÉS DA INJEÇÃO MISCÍVEIS DE CO <sub>2</sub> POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO CASO UNISIM-II-H	
Ana Paula Pereira Santos Paulo Couto	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261012">https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261012</a>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>145</b>
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	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261013">https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261013</a>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>157</b>
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	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261014">https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261014</a>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>196</b>
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	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261015">https://doi.org/10.22533/at.ed.36221261015</a>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>202</b>
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**

## CINÉTICA DE ADSORÇÃO DE IVERMECTINA EM CARVÃO ATIVADO FUNCIONALIZADO COM GRAFENO

Data de aceite: 27/09/2021

Data de submissão: 05/08/2021

### Eduardo Possebon

Universidade Estadual de Maringá,  
Departamento de Engenharia Química  
Maringá - Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/1892407347069606>

### Marcelo Fernandes Vieira

Universidade Estadual de Maringá,  
Departamento de Engenharia Química  
Maringá - Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/5654735215017528>

**RESUMO:** A ivermectina é um Contaminante Emergente de destaque e seu consumo apresentou um crescimento de 557% no Brasil em 2020. Foi estudado um método de remoção do contaminante por adsorção utilizando um carvão ativado funcionalizado com grafeno. A quantidade adsorvida máxima obtida foi de 8,88 mg por grama de carvão e o modelo cinético que melhor descreveu os dados foi o de pseudo-segunda ordem. O tempo de equilíbrio calculado mais longo foi de 785 minutos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ivermectina; adsorção; cinética; grafeno.

### ADSORPTION KINETICS FOR IVERMECTIN IN GRAPHENE-FUNCTIONALIZED ACTIVATED CARBON

**ABSTRACT:** Ivermectin is an Emerging Contaminant that had a 557% growth in its

commercialization in Brazil in 2020. A removal method by adsorption was tested, using a graphene-functionalized activated carbon. The highest quantity adsorbed was 8,88 mg per carbon gram and the kinetic model that best described the collected data was pseudo-second order. The longest calculated time for equilibrium achievement was 785 minutes.

**KEYWORDS:** Ivermectin; adsorption; kinetic; graphene.

## 1 | INTRODUÇÃO

O aumento da população e o crescimento das indústrias químicas e farmacêuticas vêm trazendo inúmeros problemas para a qualidade dos recursos naturais do planeta nas últimas décadas. Um dos recursos mais fortemente afetado é a água, indispensável para a vida humana direta e indiretamente, levando em conta sua ampla utilização para a produção de alimentos e inúmeros itens presentes no dia a dia (Halm-Leimelle e Gomez, 2016). Uma das ameaças à qualidade da água são os contaminantes emergentes (CEs), que se tratam de substâncias de diversos tipos que ainda não são removidos devidamente pelos processos convencionais de tratamento de água e esgoto. Integram essa classe hormônios, antibióticos, plastificantes, anti-inflamatórios, pesticidas, surfactantes, produtos farmacêuticos e produtos de higiene em geral (Starling et al., 2019; Basheer, 2018).

Tais contaminantes provocam impactos

ecológicos diversos afetando peixes, aves e plantas, mesmo quando presentes em baixas concentrações (Du et al., 2015). Existem também estudos sobre os efeitos na saúde humana, indicando um aumento na incidência de alguns tipos de câncer e redução da fertilidade, agravados pela exposição em longo prazo e podendo ser danos irreversíveis (Sosa-Ferreira et al., 2013; Bila e Dezotti, 2007).

No caso dos fármacos, sua presença nos efluentes domésticos se deve não só ao descarte incorreto de medicamentos, mas também à excreção pelo organismo (Starling et al., 2019; Gogoi et al., 2018). Outra importante fonte de contaminantes são os agrotóxicos, sendo o Brasil um dos maiores consumidores de tais produtos (Costa e Netto, 2012). Muitas substâncias amplamente utilizadas em todo o mundo podem causar impactos ambientais devastadores, desde desequilíbrios ecológicos até aumentar o risco de extinção de espécies (Finch et al., 2020). Uma vez eliminada para o ambiente, a substância pode atingir não só as águas superficiais como também as subterrâneas, a ainda sofrer um processo de adsorção no solo (Starling et al., 2019; Gogoi et al., 2018).

Tal problemática impulsiona a busca pelo aperfeiçoamento dos processos de tratamento, e de fato políticas recentes envolvendo órgãos como a United States Environmental Protection Agency vêm analisando quais devem ser os limites máximos para a concentração de alguns compostos em águas afluentes e efluentes (Gaffney et al., 2014; Silva e Collins, 2011). Contudo, no Brasil infelizmente não existem normas regulatórias para muitos contaminantes que não são mencionados nas resoluções nº 430/2011 e nº 357/2005 do CONAMA, que estipulam respectivamente os limites para lançamento de esgoto tratado nos corpos hídricos e os padrões de qualidade da água para o consumo humano.

A ivermectina é um CE que destaca por ser utilizada como medicamento para tratar tanto seres humanos como também bovinos e equinos. Trata-se de um antiparasitário muito eficaz empregado em grande escala na criação do gado em 46 países incluindo o Brasil (Costa e Netto, 2012). No ambiente a substância é tóxica e já há estudos sobre o seu impacto em populações de besouros e escaravelhos que realizam o controle biológico de moscas e constituem alimento para aves e morcegos (Finch et al., 2020).

Em relação ao tratamento em humanos, o Conselho Federal de Farmácia relata um aumento de 557% no consumo do medicamento em 2020 no Brasil, impulsionado pela crença, sem evidências científicas, de que o mesmo possa prevenir ou curar a infecção pelo vírus da COVID-19. Dessa forma, torna-se imperativa a busca por métodos de remoção do contaminante e estudos sobre seus impactos.

Uma das soluções para a remoção de CEs em geral na água é a inclusão de uma etapa de adsorção dentre os processos finais do tratamento, um processo relativamente barato e de fácil aplicação capaz de remover contaminantes em concentrações baixas (Thornton, 2001).

A adsorção é um fenômeno em que moléculas dispersas (gasosas ou em solução)

interagem com a superfície de um sólido, chamado o adsorvente. Isso pode ocorrer por meio de uma interação física (forças de Van der Waals) ou através de uma ligação química, envolvendo nesse caso uma reação. O primeiro caso, chamado de fisissorção, não é específico e ocorre ao longo de toda a superfície, promovendo a formação de multicamadas. Já a quimissorção é altamente específica e localizada, ocorrendo somente nos sítios ativos presentes na superfície (Arias, 2013).

O estudo da cinética da adsorção é de extrema importância pois influencia diretamente nas variáveis de processo aplicáveis e na viabilidade da separação. Há diversos modelos cinéticos para essa operação, cuja aplicabilidade depende da afinidade entre as espécies, da estrutura do sólido e da transferência de massa dentro e fora dos poros (Nascimento et al., 2014). Os modelos utilizados com maior frequência são os de pseudo-primeira e pseudo-segunda ordem (Rocha et al., 2012). No primeiro caso, uma análise simples pela equação de Lagengrer é dada pela Equação 1.

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t) \quad (1)$$

Em que  $k_1$  representa a taxa de adsorção em  $\text{min}^{-1}$  e  $q_e$  e  $q_t$  ( $\text{mg.g}^{-1}$ ) representam a quantidade de contaminante adsorvida no equilíbrio e no tempo  $t$ , respectivamente, por grama de carvão. A integração da Equação 1 pra  $q_t=0$  quando  $t=0$  permite obter a Equação 2.

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (2)$$

Por se tratar de uma equação linear, é possível avaliar se um processo segue tal modelo realizando um ajuste linear dos valores de  $\ln(q_e - q_t)$  versus  $t$  e verificando o coeficiente de determinação  $R^2$  (Nascimento et al., 2014).

Já o modelo de pseudo-segunda ordem advém da Equação 3.

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \quad (3)$$

Em que a taxa  $k_2$ , nesse caso, é expressa em  $\text{g.mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . A integração da mesma traz à tona a Equação 4, que por sua vez pode ser linearizada chegando à forma da Equação 5.

$$\frac{t}{(q_e - q_t)} = \frac{1}{q_e^2} + k_2 t \quad (4)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (5)$$

Similarmente, é possível avaliar a aplicabilidade do modelo pela plotagem dos dados de  $t/q_t$  versus  $t$ .

Outro modelo cinético é o de Weber e Morris, que postula um mecanismo controlado pela difusão intra-partícula e é dado pela Equação 6 (Nascimento et al., 2014).



$$q_t = K_d t^{0,5} + C \quad (6)$$

Em que  $K_d$  é coeficiente de difusão intrapartícula e é uma constante relacionada com a resistência do meio à difusão e à camada limite, expressa em  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-0,5}$ . Se a cinética for controlada pela difusão intra-poro, os pontos iniciais do processo farão parte de uma reta que passa pela origem. Caso contrário, o processo deve ser controlado por um difusão intra-filme relacionado com a constante C (Nascimento et al., 2014).

Para ter um bom desempenho, a superfície do adsorvente deve possuir grupos funcionais que possibilitem as interações com o adsorvato. Os processos de ativação e funcionalização são utilizados para prover à superfície esses grupos e aumentar a capacidade adsortiva do material. É também interessante que o sólido utilizado tenha a maior área superficial possível, o que faz com que a maior parte dos materiais usados como adsorventes possuam uma estrutura porosa bem desenvolvida (Nascimento et al., 2014).

O carvão ativado possui tais características e por isso é largamente empregado na separação de inúmeros compostos. Ao ser submetido a um processo de funcionalização a estrutura eletroquímica da sua superfície é alterada, o que pode trazer melhorias para o processo como um todo (Arrigo et al., 2009; Junior, 2014).

Um dos materiais utilizados atualmente para este fim é o grafeno, que atrai interesse por sua estrutura eletrônica peculiar. Há resultados indicando sua eficácia na remoção de metais pesados e corantes. O óxido de grafeno trata-se justamente do material acrescido quimicamente de grupos funcionais oxigenados, sendo uma grande vantagem a constância de seu comportamento frente a alterações de pH e presença de íons interferentes (Maliyekkal et al., 2013). Estudos com tal material encontram geralmente altas velocidades de adsorção (Wernke et al., 2019).

Diante do exposto, o objetivo do atual trabalho é estudar a cinética de adsorção da ivermectina sobre o carvão ativado funcionalizado com óxido de grafeno diluído em água desenvolvido por Wernke et al. (2019).

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O carvão utilizado fora previamente funcionalizado seguindo a metodologia descrita por Wernke et al. (2019). Nesta, o material é inicialmente pré-oxidado na presença de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Em seguida é empregado  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ , sendo o solvente utilizado em todo o processo a água destilada. Na oxidação propriamente dita são utilizados  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KMnO}_4$  e  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

A ivermectina foi adquirida em farmácia popular na forma de comprimidos e diluída em acetonitrila após moagem em almofariz e pistilo de porcelana. A concentração do contaminante foi aferida em um espectrofotômetro a 254 nm e o carvão foi pesado em balança analítica. Foi realizado um teste inicial com 4 amostras em triplicata contendo 18,00 ml de solução de ivermectina a 68,18 mg/l e massa de carvão igual a 15,00, 25,00,

35,00 e 45,00 mg. Tais amostras foram agitadas a 100 rpm e 25°C por 24 horas para garantia de equilíbrio.

Os ensaios cinéticos foram realizados em agitador com banho maria a 100 rpm e 25°C, seguindo o esquema apresentado na Tabela 1, com amostras em triplicata.

<p>Ensaio 1 (m1C1)            Massa de carvão: 15 mg            Concentração inicial: 95,83 mg/l            Volume da amostra: 15,00 ml</p>	<p>Ensaio 2 (m1C2)            Massa de carvão: 15 mg            Concentração inicial: 31,41 mg/l            Volume da amostra: 15,00 ml</p>
<p>Ensaio 3 (m2C1)            Massa de carvão: 25 mg            Concentração inicial: 95,83 mg/l            Volume da amostra: 16,51 ml</p>	<p>Ensaio 4 (m2C2)            Massa de carvão: 25 mg            Concentração inicial: 31,78 mg/l            Volume da amostra: 15,00 ml</p>

Tabela 1. Esquemática experimental do estudo cinético de adsorção.

As alíquotas foram filtradas imediatamente após a coleta em papel filtro sobre funil de vidro totalmente seco. Para cada ensaio a concentração foi aferida em tempos diversos entre 2,5 e 220 minutos, além de uma medição após 24h para determinação da quantidade adsorvida  $q_e$  real em cada caso.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste preliminar de adsorção obteve, para a média das três amostragens, os dados mostrados na Tabela 2.

Massa de carvão (mg)	Concentração final (mg/l)	Massa adsorvida (mg)	Quantidade adsorvida $q_e$ (mg/mg <sub>carvão</sub> )
15,00	61,44	0,1215	0,0081
25,00	56,79	0,2050	0,0082
35,00	51,58	0,2988	0,0085
45,00	46,78	0,3852	0,0086

Tabela 2. Teste de massa e equilíbrio para adsorção a 25°C.

Levando em conta o erro experimental associado ao espectrofotômetro, pode-se admitir que a capacidade de adsorção específica não varia com a massa na faixa analisada. Os dados de concentração em cada tempo de coleta para o Ensaio 1 apresentam-se no gráfico da Figura 1.

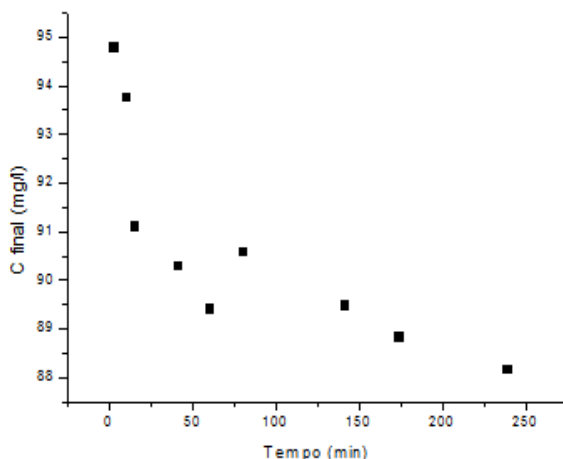


Figura 1. Concentração final em cada tempo para o ensaio com  $m=15,00$  mg e  $C_0=95,83$  mg/l.

A quantidade adsorvida calculada para esse ensaio, baseada no estudo preliminar, era de 8,1 mg/g. O seu valor real aferido após 24h foi de 7,9 mg/g, com desvio-padrão de 0,5 mg/g, estando dessa forma condizente com o esperado. A Figura 2 mostra a plotagem dos dados na forma  $\ln(q_e - q_t)$  versus  $t$ . Vê-se que o modelo de pseudo-primeira ordem não descreve bem o fenômeno estudado.

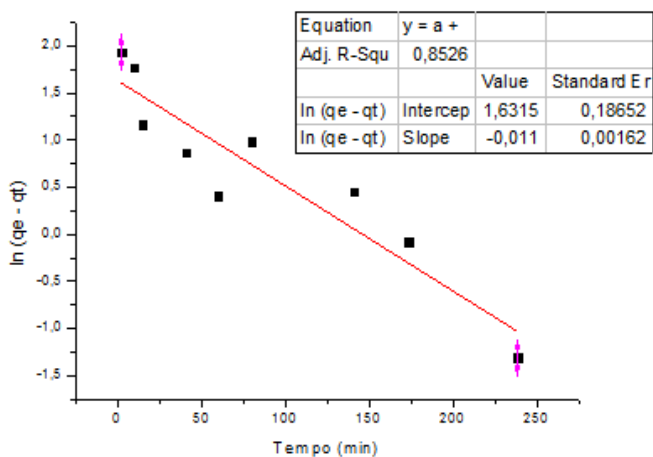


Figura 2. Aplicação do modelo cinético de pseudo-primeira ordem para os dados do Ensaio 1.

A Figura 3, por outro lado, traz o ajuste linear para  $t/qt$  versus  $t$ , nesse caso com um valor  $R^2$  de 0,979, o que pode ser considerado um bom ajuste para o modelo de pseudo-segunda ordem.

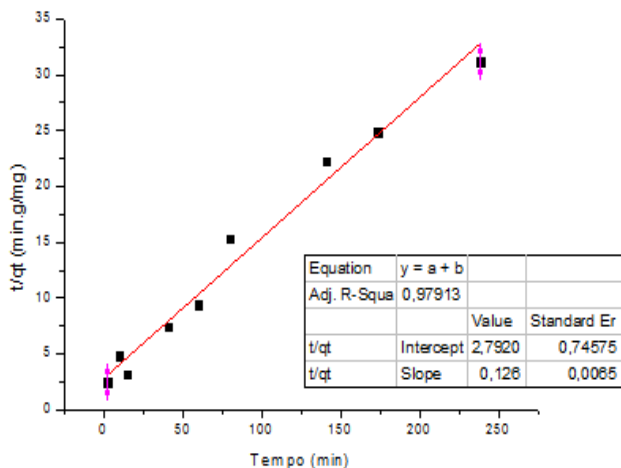


Figura 3. Aplicação do modelo cinético de pseudo-segunda ordem para os dados do Ensaio 1.

A Figura 4 traz o gráfico de  $q_t$  versus  $t^{1/2}$ . Pelo aspecto curvo dos pontos e valor insatisfatório de  $R^2$ , é possível inferir que o modelo não descreve bem o comportamento da adsorção estudada. Pelas hipóteses de Weber e Morris, é possível concluir que o mecanismo de tal fenômeno não é controlado pela difusão intra-partícula.

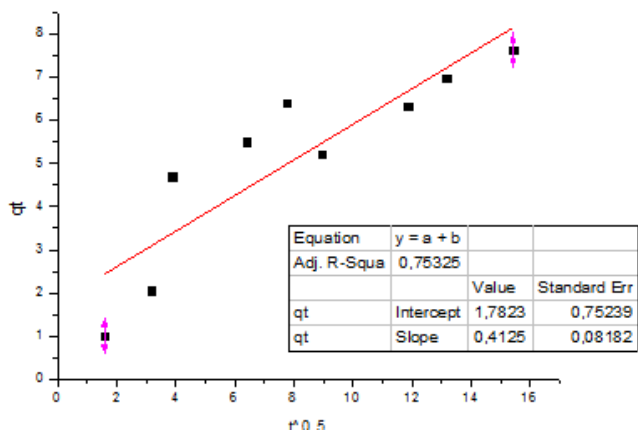


Figura 4. Aplicação do modelo cinético Weber e Morris para os dados do Ensaio 1.

Observa-se que o modelo de pseudo-segunda ordem é o que melhor descreve a cinética em estudo. A quantidade adsorvida no equilíbrio ( $q_e$ ) calculada pelos parâmetros do ajuste é igual a 7,94 mg/g, e está dentro da faixa esperada. A constante  $k_2$  calculada pelos mesmos parâmetros é igual a 0,00568  $\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ . Admitindo para o cálculo do equilíbrio teórico um tempo em que  $q_t$  equivale a 95% de  $q_e$ , obtém-se pela Equação 3 uma derivada da ordem de  $10^{-4}$ . Utilizando esse valor na Equação 5 é encontrado um tempo de equilíbrio

teórico te igual a 423 minutos.

Para o segundo ensaio, variando a concentração inicial e mantendo a mesma massa de carvão, foram encontrados os dados presentes na Figura 5. A quantidade adsorvida no equilíbrio medida experimentalmente foi 4,6 mg/g, bem abaixo do valor teórico de 8,1 mg/g, estando este fora da faixa do desvio padrão, que foi de 0,8 mg/g. Isso indica que a capacidade adsorptiva é menor em baixas concentrações.

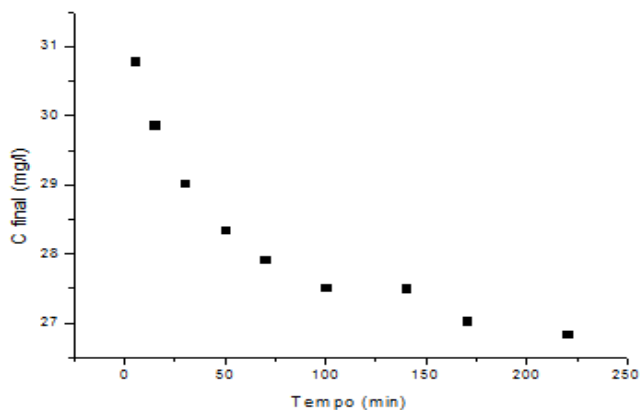


Figura 5. Concentração final em cada tempo para o ensaio com  $m=15,00$  mg e  $C_0=31,41$  mg/l.

As Figuras 6 e 7 mostram, respectivamente, os ajustes para os modelos de pseudo-primeira e pseudo-segunda ordem. Novamente é visto que o modelo de pseudo-segunda ordem é o que melhor descreve o fenômeno estudado.

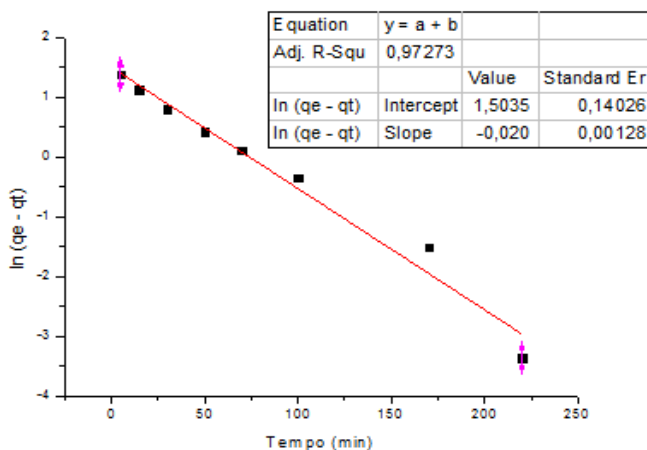


Figura 6. Aplicação do modelo cinético de pseudo-primeira ordem para os dados do Ensaio 2.

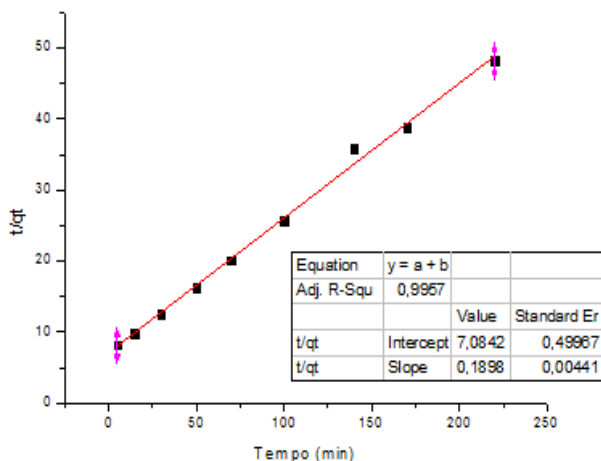


Figura 7. Aplicação do modelo cinético de pseudo-segunda ordem para os dados do Ensaio 2.

O valor de  $q_e$  calculado pelo ajuste é igual a 5,2 mg/g, e está de acordo com o valor experimental encontrado. O valor de  $k_2$  estimado pelos parâmetros é de 0,00509 g.mg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>. A diferença em relação ao valor encontrado no Ensaio 1 pode ser explicada pelo desvio do ajuste linear gerado pela propagação dos erros associados às medidas de absorbância. O tempo de equilíbrio calculado pelo modelo é de 717 minutos.

Já a Figura 8 traz o ajuste par o modelo de Weber e Morris, indicando novamente que a cinética estudada não é controlada pela difusão.

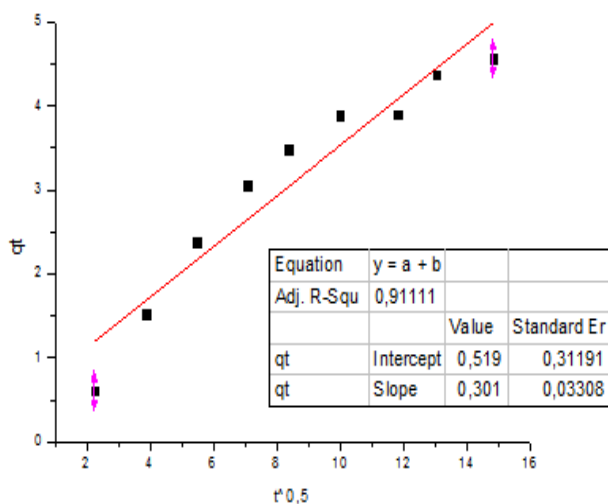


Figura 8. Aplicação do modelo cinético de Weber e Morris para os dados do Ensaio 2.

O terceiro ensaio, realizado a uma massa diferente de carvão, teve como resultado os dados mostrados o gráfico da Figura 11. A concentração após 24 horas foi 82,78 mg/l, levando a um valor de  $q_e$  igual a 8,61 mg/g.

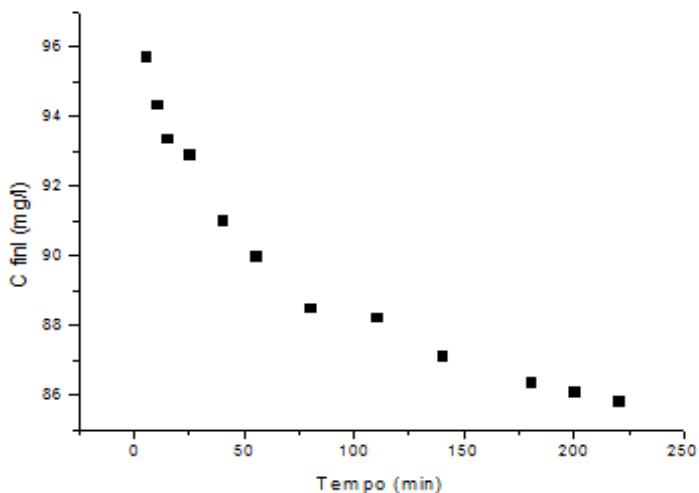


Figura 9. Concentração final em cada tempo para o ensaio com  $m=25,00$  mg e  $C_0=95,83$  mg/l.

As Figuras 10 e 11 apresentam, respectivamente, os ajustes para os modelos de pseudo-primeira e pseudo-segunda ordem.

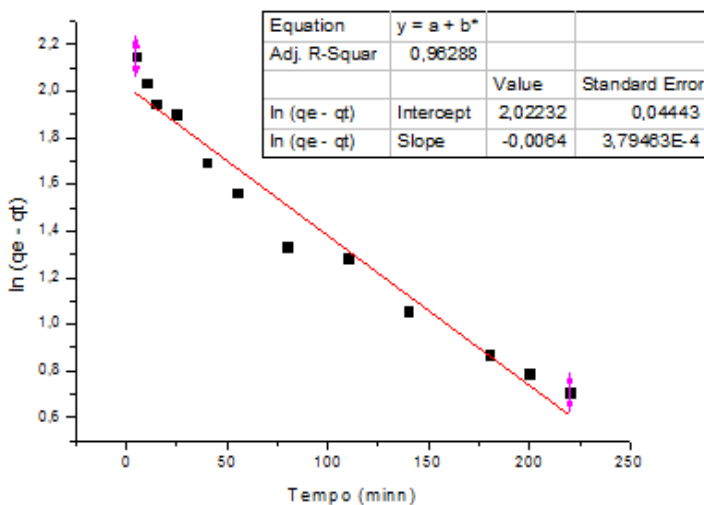


Figura 10. Aplicação do modelo cinético de pseudo-primeira ordem para os dados do Ensaio 3.

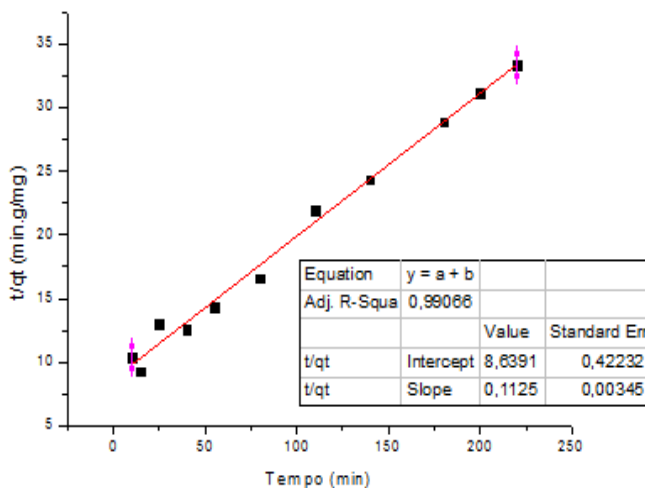


Figura 11. Aplicação do modelo cinético de pseudo-segunda ordem para os dados do Ensaio 3.

Como esperado, o modelo de pseudo-segunda ordem descreve melhor a cinética estudada, como demonstrado pelo aspecto curvo do gráfico na Figura 10 e coeficiente  $R^2$  menor. O valor calculado de  $q_e$  pelos parâmetros do ajuste é igual a 8,88 mg/g, satisfatoriamente próximo do valor real. O valor de  $k_2$  obtido é igual a  $0,00146 \text{ g.mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , ligeiramente distante do valor calculado nos dois primeiros ensaios. Uma hipótese provável é que a diferença seja fruto de uma propagação de erros, uma vez que o espectrofotômetro fornece apenas duas decimais de significância. O tempo de equilíbrio calculado é de 694 minutos.

Já a Figura 12 traz a aplicação do modelo de Weber e Morris, cujos dados apresentam aspecto curvo e coeficiente  $R^2$  não tão alto. Como esperado, o modelo não descreve bem os dados estudados.



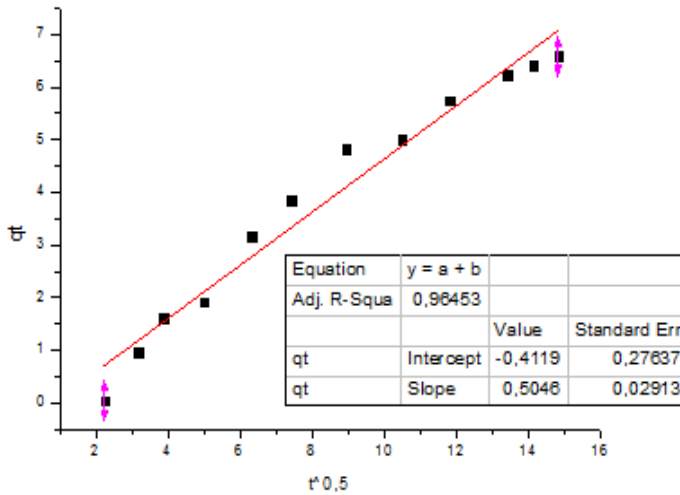


Figura 12. Aplicação do modelo cinético de Weber e Morris para os dados do Ensaio 3.

O Ensaio 4 teve como resultado os valores do gráfico da Figura 13. A quantidade adsorvida após 24 horas foi de 6,99 mg/g.

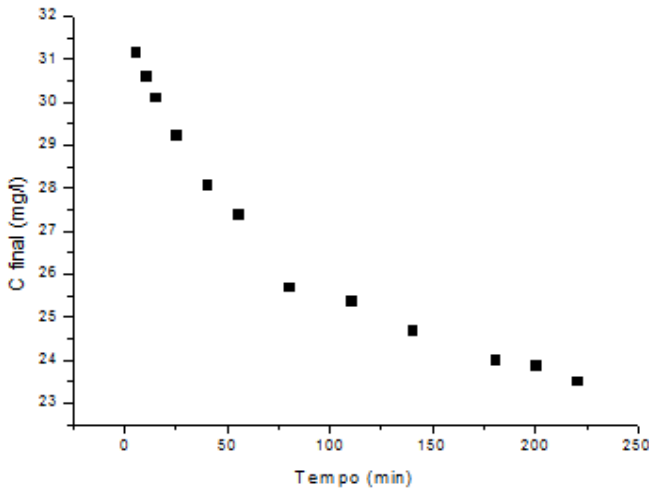


Figura 13. Concentração final em cada tempo para o ensaio com  $m=15,00$  mg e  $C_0=31,78$  mg/l.

As Figuras 14 a 16 mostram os ajustes lineares dos dados para todos os modelos em análise. Novamente, o modelo de pseudo-segunda ordem foi o mais exato, fato já verificado inicialmente pelo aspecto curvo dos pontos dos outros gráficos. Através dos parâmetros obtidos, foi possível encontrar um valor de  $q_e$  igual a 6,90 mg/g, muito próximo ao real. O

valor de  $k_2$  calculado é igual a  $0,00166 \text{ g.mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , um valor próximo ao encontrado no Ensaio 3. A hipótese de  $k_2$  variar com a área de contato não se aplica nesse caso pois o aumento da massa de carvão deveria trazer um aumento da taxa de reação justamente pela maior disponibilidade de sítios para adsorção. Dessa forma, conclui-se que é mais provável que a diferença encontrada esteja associada aos erros inerentes ao processo. O tempo de equilíbrio calculado nesse caso é igual a 785 minutos.

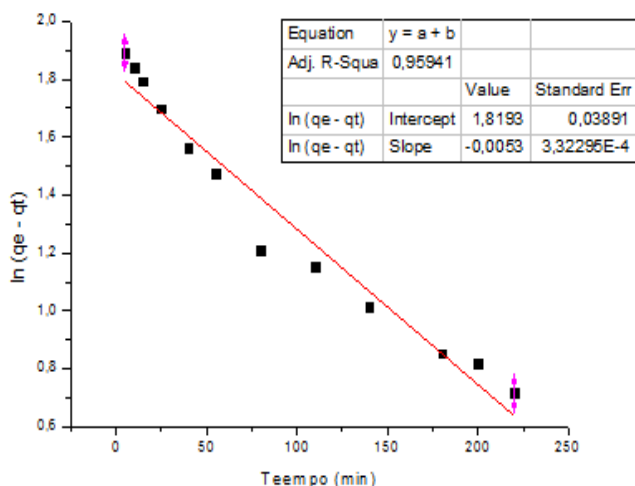


Figura 14. Aplicação do modelo cinético de pseudo-primeira ordem para os dados do Ensaio 4.

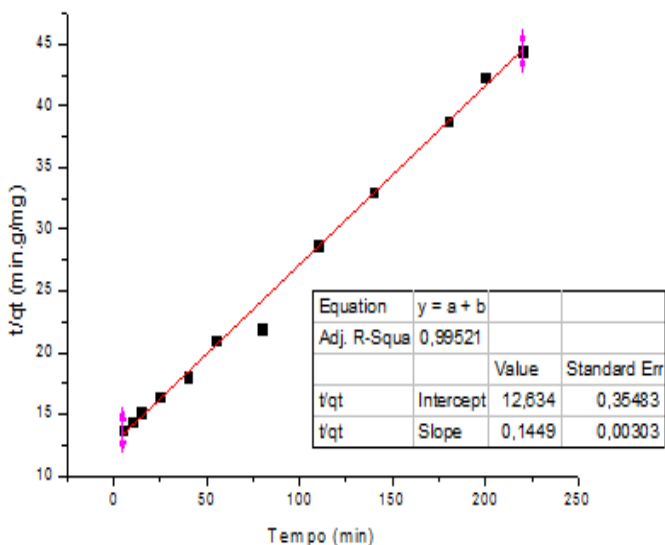


Figura 15. Aplicação do modelo cinético de pseudo-segunda ordem para os dados do Ensaio 4.

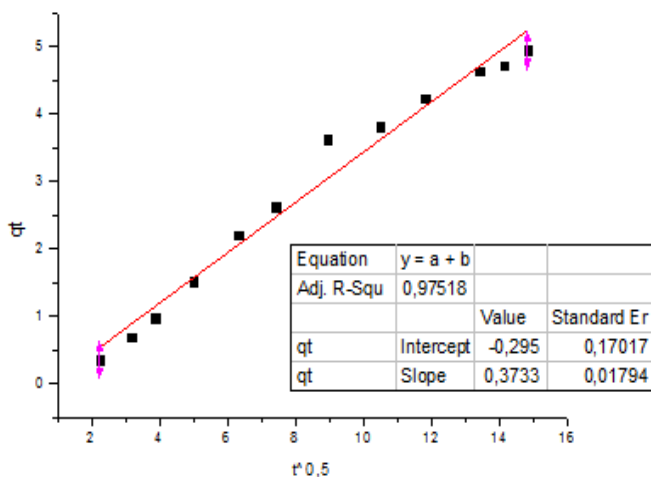


Figura 16. Aplicação do modelo cinético Weber e Morris para os dados do Ensaio 4.

Os resultados encontrados concordam com os apresentados por Pereira et al. (2012), que também obteve melhor ajuste para o modelo de pseudo-segunda ordem com taxas  $k_2$  na mesma ordem de grandeza. A capacidade adsorviva de ivermectina foi satisfatória na faixa de concentrações adotada, com um tempo de equilíbrio relativamente baixo. O ensaio realizado a 95,83 mg/l com 25 mg de carvão apresentou a maior quantidade adsorvida, muito provavelmente devido à maior força motriz para a difusão e maior superfície de contato.

## 4 | CONCLUSÃO

Carvões ativados funcionalizados com óxido de grafeno diluído em água podem ser utilizados a temperatura ambiente para remoção de ivermectina em soluções na faixa de 10-100 mg/l com uma velocidade apreciável.

O fenômeno é descrito pelo modelo cinético de pseudo-segunda ordem com coeficiente de correlação  $R^2$  superior a 0,970 e a quantidade adsorvida no equilíbrio calculada pelo ajuste está de acordo com a medida experimentalmente. Torna-se necessário o estudo de outros aspectos do processo, como isotermas de adsorção, efeito da rotação e pH, e experimentos em coluna para analisar a aplicabilidade do carvão para remoção da ivermectina no tratamento de água e efluentes.

## REFERÊNCIAS

ARIAS, David Gutierrez. **Contaminantes emergentes, seus efeitos no meio ambiente e desafios para novos mecanismos de purificação de água**. Unicamp. 2013.

ARRIGO, R.; HÄVECKER, M.; WRABETZ, S.; BLUME, R.; LERCH, M.; MCGREGOR, J.; PARROTT, E. P. J.; ZEITLER, J. A.; GLADDEN, L. F.; KNOP-GERICKE, A.; SCHLÖGL, R.; SU, D. S. **Tuning the Acid/Base Properties of Nanocarbons by Functionalization via Amination**. 2009. University of Cambridge, United Kingdom.

BASHEER, A. **New generation nano-adsorbents for the removal of emerging contaminants in water**. Journal Of Molecular Liquids, [s.l.], v. 261, p.583-593, jul. 2018.

Bila, D. M., Dezotti, M. **Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e conseqüências**. Quim. Nova, 2007, v. 30, p. 651-666.

CONSELHO FEDERAL DE FARMÁCIA. **Busca de fórmulas milagrosas contra a Covid-19 continua impulsionando vendas de medicamentos**. 04/02/2021. Disponível em: <https://cff.org.br/noticia.php?id=6198>.

COSTA, Fabio Macedo da; NETTO, Annibal Duarte Pereira. **Desenvolvimento e aplicação de métodos para a determinação de ivermectina em medicamentos de uso veterinário**. Química Nova, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 616-622, 2012.

DU, B.; HADDAD, S. P.; LUEK, A.; SCOTT, W. C.; SAARI, G. N.; BURKET, S. R.; BREED, C. S.; KELLY, M.; BROACH, L.; RASMUSSEN, J. B.; CHAMBLISS, C. K.; BROOKS, B. W. **Bioaccumulation of human pharmaceuticals in fish across habitats of a tidally influenced urban bayou**. Environmental Toxicology and Chemistry 35:966-974. 2015.

FINCH, D.; SCHOFIELD, H; FLOATE, K. D.; KUBASIEWICZ, L. M.; MATHEWS, F. **Implications of Endectocide Residues on the Survival of Aphodiine Dung Beetles: A Meta-Analysis**. University of Sussex, 2020.

GAFFNEY, V.J.; CARDOSO, V.V.; RODRIGUES, A.; FERREIRA, E.; BENOLIEL, J.; ALMEIDA, C.M.M. **Análise de fármacos em águas por SPE-UPLC-ESI-MS/MS**. Quim. Nova, 2014, v. 37, p. 138-149.

GOGOI, A. et al. **Occurrence and fate of emerging contaminants in water environment: A review**. Groundwater For Sustainable Development, [s.l.], v. 6, p.169-180, mar. 2018.

HALM-LEIMELLE; GOMEZ, E. **Farmacêutica no meio ambiente**. Environ Sci. Pollut. Res., 23 (2016) , pp. 4961 – 4963.

JUNIOR, Osorio Moreira Couto. **Adsorção de cafeína e paracetamol em carvão ativado funcionalizado**. Tese de Doutorado: Universidade Estadual de Maringá, 2014.

MALIYEKKAL, S. M.; SREEPRASAD, T. S.; KRISHNAN, D.; KOUSER, S.; MISHRA, A. K.; WAGHMARE, U. V.; PRADEEP, T. **Graphene: a reusable substrate for unprecedented adsorption of pesticides**. Small, v. 9, n. 2, p. 273-283, 2013.

NASCIMENTO, R. F.; LIMA, A. C. A.; VIDAL, C.; MELO, D. Q.; RAULINO, G. S. C. **Adsorção: Aspectos teóricos e aplicações ambientais**. Imprensa Universitária da Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza, 2014.

PEREIRA, L. A.; RATH, S.; FOSTIER, A. H. **Adsorção de ivermectina em solos característicos do Estado de São Paulo**. VI ENQAmb – Encontro Nacional de Química Ambiental. 2012

ROCHA, O. R. S.; NASCIMENTO, G. E.; CAMPOS, N. F.; SILVA, V. L.; DUARTE, M. M. B. **Avaliação do processo adsorptivo utilizando mesocarpo de coco verde para remoção do corante cinza reativo BF-2R.** Química Nova, São Paulo, v. 35, n. 7, p. 1369-1374, 2012.

SILVA, C.G.A., COLLINS, C.H. **Aplicações de cromatografia líquida de alta eficiência para o estudo de poluentes orgânicos emergentes.** Quim. Nova, 2011, v. 34, p. 665-676.

SOSA-FERREIRA Z. et al., **Analytical methodologies for the determination of endocrine disrupting compounds in biological and environmental samples.** Biomed. Res. Int. 2013.

STARLING, M. C. V. M.; AMORIM, C. C.; LEÃO, M. M. D. **Occurrence, control and fate of contaminants of emerging concern in environmental compartments in Brazil.** Journal of Hazardous Materials, 2018.

THORNTON, I; BUTLER, D.; DOCX, P.; HESSION, M.; MAKROPOULOS, C.; MCMULLEN, M.; NIEUWENHUIJSEN, M.; PITMAN, A.; RAUTIU, R.; SAWYER, R.; SMITH, S.; WHITE D. **Pollutants in urban waste water and sewage sludge.** ICON. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2001.

WERNKE, G.; SHIMABUKU-BIADOLA, Q. L.; SANTOS, T. R. T.; SILVA, M. F.; FAGUNDES-KLEN, M. R.; BERGAMASCO, R. **Adsorption of cephalexin in aqueous media by graphene oxide: kinetics, isotherm and thermodynamics.** Springer Nature, 2019.

## 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](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



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



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

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA QUÍMICA 2



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



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



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