

Engenharias, Ciência e Tecnologia 5

Luís Fernando Paulista Cotian
(Organizador)



Luís Fernando Paulista Cotian

(Organizador)

Engenharias, Ciência e Tecnologia

5

Atena Editora

2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharias, ciência e tecnologia 5 [recurso eletrônico] / Organizador
Luís Fernando Paulista Cotian. – Ponta Grossa (PR): Atena
Editora, 2019. – (Engenharias, Ciência e Tecnologia; v. 5)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-088-9

DOI 10.22533/at.ed.889193101

1. Ciência. 2. Engenharia. 3. Inovações tecnológicas.
4. Tecnologia. I. Cotian, Luís Fernando Paulista. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia, Ciência e Tecnologia” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume V apresenta, em seus 14 capítulos, conhecimentos relacionados a Sustentabilidade, Meio Ambiente e Responsabilidade Social relacionadas à engenharia de produção nas áreas de Responsabilidade Social Organizacional, Sustentabilidade e Sistemas de Indicadores, Desenvolvimento Sustentável em Engenharia de Produção e Meio Ambiente.

A área temática de Sustentabilidade, Meio Ambiente e Responsabilidade Social trata de temas relevantes para a mecanismos que auxiliam na sustentabilidade da organização, envolvendo responsabilidade social e desenvolvimento sustentável. As análises e aplicações de novos estudos proporciona que estudantes utilizem conhecimentos tanto teóricos quanto tácitos na área acadêmica ou no desempenho da função em alguma empresa.

Para atender os requisitos do mercado as organizações precisam levar em consideração a área de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, sejam eles do mercado ou do próprio ambiente interno, tornando-a mais competitiva e seguindo a legislação vigente.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra, que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de novos conhecimentos de Sustentabilidade, Meio Ambiente e Responsabilidade Social e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Luís Fernando Paulista Cotian

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AQUAPONIA: RELAÇÃO HARMÔNICA ENTRE PEIXES, PLANTAS E BACTÉRIAS	
<i>Thiago Rodrigues Nunes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8891931011	
CAPÍTULO 2	13
COLETA E IDENTIFICAÇÃO DE AMOSTRAS DE ROCHAS SEDIMENTARES DA BACIA ALAGOAS: FORMAÇÕES PENEDO, PORÇÃO, MORRO DO CHAVES, MACEIÓ E BARREIRAS	
<i>Zenilda Vieira Batista</i>	
<i>Mávylla Sandreya Correia Tenório</i>	
<i>Sonia Maria Oliveira Agostinho da Silva</i>	
<i>Débora Cristina Almeida de Assis</i>	
<i>Nayra Vicente Sousa da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8891931012	
CAPÍTULO 3	24
CONSTRUÇÃO DE INFRAESTRUTURA HÍDRICA PARA A CONVIVÊNCIA NO SEMIÁRIDO: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ÁGUA BRANCA, PARAÍBA	
<i>Adriana Maria dos Santos</i>	
<i>Romulo Wilker Nery de Andrade</i>	
<i>Adriano da Silva Félix</i>	
<i>Polyana Marta da Silva</i>	
<i>Hevelyne Figueirêdo Pereira</i>	
<i>Luara Lourenço Ismael</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8891931013	
CAPÍTULO 4	35
DEFENSAS NÁUTICAS DE POLIURETANO VEGETAL	
<i>Graziella Trovati</i>	
<i>Haroldo Silva</i>	
<i>Edgar Aparecido Sanches</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8891931014	
CAPÍTULO 5	52
DIAGNÓSTICO DO IMPACTO DA RODOVIA ESTADUAL 132 SOBRE A FAUNA SILVESTRE DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA MASSAMBABA E O PARQUE ESTADUAL DA COSTA DO SOL - RJ, BRASIL	
<i>Márcia Ferreira Tavares</i>	
<i>Sávio Freire Bruno</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8891931015	
CAPÍTULO 6	59
DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA CIDADE DE DELMIRO GOUVEIA -AL	
<i>Gabriel Dionizio Silva</i>	
<i>Antonio Pedro de Oliveira Netto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8891931016	

CAPÍTULO 7	67
DIAGNÓSTICO HIDROGEOQUÍMICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA BACIA DO RIO GRANDE - BA	
<i>Maíra Sampaio da Costa</i> <i>José Alexandre Araújo Nogueira</i> <i>Sérgio Augusto de Moraes Nascimento</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8891931017	
CAPÍTULO 8	78
ENGENHARIA E PRÁTICA SOCIAL	
<i>José Geraldo de Souza</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8891931018	
CAPÍTULO 9	86
ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE <i>LECYTHIS PISONIS</i> <i>CAMBESS</i> TRATADAS COM ÁCIDO INDOLBUTÍRICO E ÁCIDO NAFTALENO ACÉTICO	
<i>Cristina Valory da Silva</i> <i>Elzimar de Oliveira Gonçalves</i> <i>Tamyris de Mello</i> <i>Bruna Tomaz Sant'ana</i> <i>Carlos Humberto Desidério Pirovani</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8891931019	
CAPÍTULO 10	93
PROJETO PILOTO CISTERNAS RURAIS: PARCERIA SAAE – ITAIPU	
<i>Fabio Alexandre Regelmeier</i> <i>Armin Feiden</i>	
DOI 10.22533/at.ed.88919310110	
CAPÍTULO 11	109
REMEDIAÇÃO SUSTENTÁVEL: CARACTERÍSTICAS DAS PUBLICAÇÕES NO PERÍODO DE 1980- 2016	
<i>Adan William da Silva Trentin</i> <i>Adeli Beatriz Braun</i> <i>Caroline Visentin</i> <i>Deisi Balestrin</i> <i>Greice Barufaldi Rampanelli</i> <i>Antônio Thomé</i>	
DOI 10.22533/at.ed.88919310111	
CAPÍTULO 12	121
REMOÇÃO DE CAFEÍNA PRESENTE EM SOLUÇÃO AQUOSA ATRAVÉS DA ADSORÇÃO EM COLUNA DE LEITO FIXO	
<i>Christiano Cantarelli Rodrigues</i> <i>Selêude Wanderley da Nóbrega</i> <i>Washington Lima dos Santos</i> <i>Elyziana Lourenço Lima</i>	
DOI 10.22533/at.ed.88919310112	

CAPÍTULO 13 133

TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES

Marconi Lucas da Silva

Leandro Vahia Pontual

DOI 10.22533/at.ed.88919310113

CAPÍTULO 14 137

EFEITO DA BIOCIMENTAÇÃO EM SOLO ARENOSO EM RELAÇÃO A DENSIDADE, COMPRESSÃO SIMPLES E HETEROGENEIDADE

Vinicius Luiz Pacheco

Igor Decol

Antonio Thomé

DOI 10.22533/at.ed.88919310114

SOBRE O ORGANIZADOR..... 154

REMOÇÃO DE CAFEÍNA PRESENTE EM SOLUÇÃO AQUOSA ATRAVÉS DA ADSORÇÃO EM COLUNA DE LEITO FIXO

Christiano Cantarelli Rodrigues

Universidade Federal de Alagoas – Centro de Tecnologia – Maceió – AL

Selêude Wanderley da Nóbrega

Universidade Federal de Alagoas – Centro de Tecnologia – Maceió – AL

Washington Lima dos Santos

Universidade Federal de Alagoas – Centro de Tecnologia – Maceió – AL

Elyziana Lourenço Lima

Universidade Federal de Alagoas – Centro de Tecnologia – Maceió – AL

RESUMO: A poluição causada por compostos orgânicos tem se destacado devido sua alta capacidade poluidora e grande variedade de compostos. Os efluentes orgânicos são derivados de diversas fontes: resíduos domésticos, industriais e agrícolas. Neste universo de compostos orgânicos, os fármacos têm se destacado. Este destaque está relacionado ao grande volume de produção e comercialização destas substâncias e aos impactos negativos que as mesmas podem causar aos seres humanos, fauna, flora e meio ambiente em geral. Neste contexto, objetivando contribuir com o desenvolvimento de métodos de controle da emissão deste tipo de substância, este trabalho buscou a obtenção de dados relacionados ao tratamento de uma solução

aquosa contaminada por um fármaco, utilizando a adsorção em leito fixo com carvão ativado comercial. Foram avaliadas as características químicas e texturais do adsorvente e condições de operação da adsorção na eficiência de remoção do contaminante. Para isto, foi utilizada uma unidade experimental com uma coluna de adsorção de PVC, acoplada a dispositivos de armazenamento e circulação da solução a ser tratada. Os ensaios de adsorção foram realizados com o objetivo de avaliar o desempenho do carvão ativado na remoção do contaminante, através das curvas de adsorção, modelos de adsorção, cálculo da capacidade de adsorção e eficiência de remoção do contaminante. O fármaco usado foi a cafeína e os resultados obtidos indicam que o carvão usado tem potencialidade para ser empregado como adsorvente na remoção de cafeína através da adsorção em coluna de leito fixo, com capacidade de adsorção entre 35mg/g e 75mg/g, e eficiências de remoção entre 17% e 36%.

PALAVRAS-CHAVE: *cafeína; carvão ativado; adsorção.*

ABSTRACT: The pollution caused by organic compounds has been outstanding due to its high polluting capacity and wide variety of compounds. Organic effluents are derived from several sources: household, industrial and

agricultural waste. In this universe of organic compounds, the medicines have stood out. This highlight is related to the large volume of production and commercialization of these substances and the negative impacts they can cause to humans, animals, plants and the environment in general. In this context, in order to contribute to the development of methods to control the emission of this type of substance, this work sought to obtain data related to the treatment of an aqueous solution contaminated by a medicine, using adsorption in fixed bed with commercial activated carbon. The chemical and textural characteristics of the adsorbent and the adsorption conditions were evaluated in the contaminant removal efficiency. For this, an experimental unit was used with a PVC adsorption column coupled to storage and circulation devices of the solution to be treated. The adsorption tests were carried out with the objective of evaluating the performance of the activated carbon in the removal of the contaminant, through adsorption curves, adsorption models, calculation of adsorption capacity and contaminant removal efficiency. The medicine used was caffeine and the results indicate that the used activated carbon has the potential to be used as adsorbent in the removal of caffeine through adsorption in a fixed bed column, with adsorption capacity between 35mg/g and 75mg/g, and efficiencies of between 17% and 36%.

KEYWORDS: caffeine; activated charcoal; adsorption.

1 | INTRODUÇÃO

O aumento da poluição ambiental vem gerando uma série de problemas na saúde pública relacionados, em especial, ao aumento da poluição dos recursos hídricos, devido ao descarte inadequado de materiais poluentes em seus cursos naturais. Neste contexto, o uso abusivo de fármacos por parte da população tem se apresentado como um ponto de destaque. Os fármacos ingeridos, metabolizados e excretados, na forma de resíduos líquidos, seguem para as estações de tratamento de esgoto e quando não removidos, chegam aos mananciais e reservatórios de água que servem de fonte para o consumo. Vale salientar que a maioria dos sistemas de tratamento de água para abastecimento não possuem tecnologia que consiga eliminar este tipo de substância (fármaco) da água, que posteriormente é fornecida para o consumo. Os fármacos são compostos produzidos com propósito terapêutico em seres humanos e animais. Segundo BILA (2003), normalmente, cerca de 50% a 90% de uma dosagem do fármaco quando excretado, torna-se inalterado e persiste no meio ambiente. Os processos utilizados em sistemas convencionais de tratamento de água não garantem a remoção da maioria dos micropoluentes, especialmente dos fármacos, conforme observado em JONES et al. (2005).

Dentre os métodos de tratamento de água para consumo humano e animal e água residuária, um grande destaque tem sido dado ao uso de filtros de carvão ativado, os quais podem representar uma técnica eficiente para a remoção de um número expressivo de micropoluentes (SERVAIS et al., 1992).

O uso da adsorção para o tratamento de efluentes contaminados com fármacos tem se apresentado como uma opção mais eficiente e promissora, sendo o carvão ativado um dos adsorventes mais utilizados, devido a sua versatilidade e afinidade com uma grande quantidade de poluentes. A adsorção pode ser realizada em sistemas a batelada ou contínuos. No processo contínuo de adsorção, em coluna de leito fixo, o adsorvato a ser tratado passa através de um leito empacotado de carvão a uma taxa de fluxo constante. Parâmetros como a velocidade de escoamento do líquido pela coluna, zona de transferência de massa, capacidade de adsorção e o tempo de residência são avaliados com a finalidade de determinar as melhores condições operacionais de modo a garantir a máxima eficiência do processo de separação segundo TREYBAL (1980). O projeto de uma unidade de adsorção com leito fixo tem como um dos seus principais pontos a determinação do ponto de saturação do leito adsorvente na condição de operação desejada. A saturação do leito adsorvente pode ser determinada através das curvas de ruptura do leito, que relaciona a razão entre as concentrações de entrada e saída do adsorvato com o tempo de adsorção. Estas curvas são usadas para determinação da capacidade de adsorção do leito bem como a eficiência de remoção do adsorvato.

Neste contexto, este trabalho avaliou a remoção da cafeína, um poluente fármaco considerado emergente, em colunas de leito fixo com carvão ativado comercial, em várias condições de operação. Este fármaco foi escolhido por ser considerado um contaminante emergente, com grande presença em águas residuais urbanas e industriais.

A cafeína é um composto químico, classificado como alcalóide, pertencente ao grupo das xantinas que atua sobre o sistema nervoso central. Trata-se de uma das drogas mais consumida no mundo, encontrada em uma grande quantidade de alimentos, como chocolate, café, guaraná, bebidas, cacau e chá-mate. É possível encontrá-la também em muitos analgésicos, inibidores de apetite e outros medicamentos. Em excesso, a cafeína pode ocasionar alguns sintomas como irritabilidade, agitação, ansiedade, dor de cabeça e insônia. Esta droga proporciona alguns efeitos devido aos estímulos relacionados como: aumento da atenção mental, aumento da concentração, melhoria do humor, diminuição da fadiga, etc. Segundo estudos dez gramas, em média, de cafeína é uma dose letal para o homem, e em uma xícara de café são encontrados cem miligramas de cafeína (GASPAR E RAMOS, 2016). Apesar de ser utilizada para solucionar problemas cardíacos, ajudar pessoas com depressão nervosa decorrente do uso de álcool e ópio, a cafeína é uma droga que causa dependência física e psicológica, uma vez que para estimular o cérebro utiliza os mesmos mecanismos das anfetaminas, cocaína e heroína. Os efeitos da cafeína são mais leves, porém manipula os mesmos canais do cérebro, uma das razões que pode levar as pessoas ao vício e que leva a preocupação do seu uso em excesso.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Adsorvente

O adsorvente usado foi carvão ativado comercial, produzido a partir da carbonização do endocarpo do coco, matéria prima presente em abundância na região litorânea do Nordeste do Brasil, e ativado com vapor de água. As amostras de carvão ativado foram caracterizadas por meio de diversas técnicas de caracterização de materiais porosos já consagradas, com destaque para análise granulométrica, determinação do pH no ponto de carga zero (pH_{PZC}) e propriedades texturais utilizando a técnica de BET. A determinação destas características tem grande importância para a avaliação do desempenho do carvão ativado como adsorvente, pois interferem diretamente na afinidade adsorvato/adsorvente bem como nas condições de operação da coluna de adsorção.

2.2 Solução de Cafeína

A solução aquosa de cafeína foi produzida no laboratório, usando água destilada e cafeína pura, adquirida em uma farmácia de manipulação. Foram preparadas soluções para os ensaios de adsorção com concentração de cafeína de 30mg/L, sendo esta a concentração usada em todos os ensaios. A medida da concentração da cafeína foi feita através de análise de carbono total (TC), em um equipamento modelo TOC- V_{CSN} da Shimadzu. A solução com o efluente líquido foi produzida na concentração de 30mg/L e com dois valores de pH, sendo o pH 4,5 o valor original da solução e o pH 3,0 um valor obtido com a adição de HCl. Estes valores foram definidos através de ensaios exploratórios e informações obtidas na literatura.

2.3 Ensaios de Adsorção

Após a caracterização do carvão ativado, o mesmo foi usado nos ensaios de adsorção. Os ensaios de adsorção foram realizados em uma coluna de leito fixo com diâmetro interno de 1,2cm e comprimento de 10cm, usando o leito de carvão ativado com três massas diferentes 1g, 1,5g e 2,0g. O efluente foi produzido através da dissolução da cafeína em água, com uma concentração de 30mg/L, e a solução foi alimentada na coluna com uma vazão de 10mL/min e temperatura de 25°C. Os ensaios tiveram duração máxima de 30horas em média, sendo recolhidas amostras em tempos pré-determinados da solução de saída para análise e determinação da concentração da cafeína na saída. As concentrações foram determinadas através da medida de CT (Carbono Total). A concentração do fármaco na solução inicial foi mantida constante e o pH da solução foi fixado em dois valores, sendo ensaios realizados com o pH original da solução produzida em torno de 4,5, e ensaios realizados com um pH corrigido com valor de 3,0. A Figura 1 mostra um esquema da unidade experimental usada nos ensaios de adsorção.

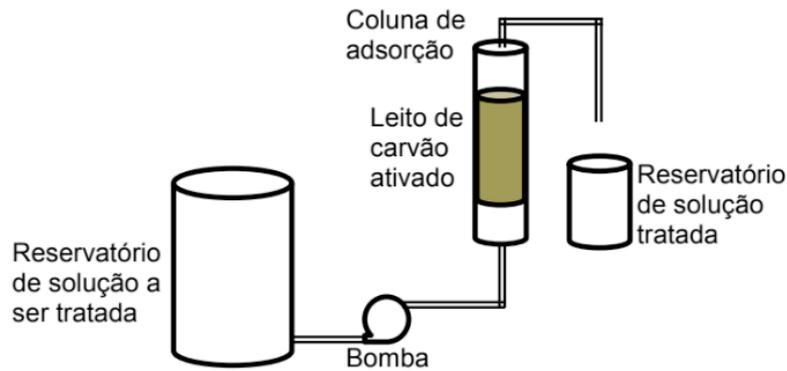


Figura 1 – Unidade experimental para ensaios de adsorção

Os ensaios de adsorção iniciavam com a montagem do leito na coluna de adsorção. Após a montagem do leito e da coluna, o efluente era alimentado na coluna e eram feitas medidas de concentração na entrada e saída da coluna em períodos de tempo fixos, até que a concentração na saída alcançasse o valor da concentração na entrada, configurando assim a saturação do leito. Os dados obtidos foram utilizados na construção das curvas de ruptura, que representa o comportamento do processo de adsorção. Com as curvas de adsorção foi determinada a capacidade de adsorção do leito, e a eficiência de remoção da cafeína. Estes cálculos foram realizados através da aplicação de um balanço de massa no leito de adsorção.

A massa adsorvida pelo leito fixo de carvão ativado esboçado na Figura 2 é calculada usando a seguinte equação:



Figura 2 – Esquema de um leito fixo de carvão para adsorção.

$$M_{ads} = M_E - M_S \quad (1)$$

na qual M_{ads} é a massa de cafeína adsorvida pelo de carvão ativado, M_E é a massa da cafeína que entra no leito de carvão ativado e M_S é a massa da cafeína que sai do leito de carvão ativado.

A massa da cafeína que entra no leito de carvão ativado pode ser representada pela equação:

$$M_E = Q_T \int_0^t C dt \quad (2)$$

Como na entrada a concentração é constante e igual a C_0 , tem-se:

$$M_E = Q_T C_0 t \quad (3)$$

na qual Q_T é a vazão total da solução de cafeína, C_0 é a concentração da cafeína na entrada da coluna e t é o tempo de adsorção.

A massa da cafeína que sai do leito de carvão ativado pode ser representada pela equação:

$$M_S = Q_T \int_0^t c dt \quad (4)$$

Multiplicando-se e dividindo-se a Equação 4 por C_0 , tem-se:

$$M_S = Q_T C_0 \int_0^t \frac{c}{c_0} dt \quad (5)$$

Substituindo-se as Equações 3 e 5 na Equação 1, obtém-se a expressão para o cálculo da M_{ads} :

$$M_{ads} = Q_T C_0 \int_0^t \left(1 - \frac{c}{c_0}\right) dt \quad (6)$$

Com a massa adsorvida calculada a partir da Equação 6, pode-se determinar a capacidade de adsorção do leito de carvão ativado dividindo-se a massa adsorvida pela massa do leito de carvão ativado:

$$W = \frac{M_{ads}}{M_L} \quad (7)$$

na qual W é a capacidade de adsorção do leito de carvão ativado e M_L é a massa do leito de carvão ativado. A capacidade de adsorção foi determinada como sendo a máxima na condição de saturação.

Os valores das massas de cafeína na entrada e adsorvida foram usadas para calcular a eficiência de remoção da cafeína (η) pelo leito de carvão ativado usando a equação 8:

$$\eta = \frac{M_{ads}}{M_E} \cdot 100 = \frac{Q_T C_0 \int_0^t \left(1 - \frac{c}{c_0}\right) dt}{Q_T C_0 t} \cdot 100 \quad (8)$$

A determinação da eficiência de remoção da cafeína foi realizada sempre na condição de saturação.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A caracterização do carvão ativado comercial teve início com uma classificação granulométrica, de modo a obter uma amostra de carvão com uma faixa granulométrica a mais restrita possível, de modo a possibilitar uma maior homogeneidade na formação do leito adsorvente. A fração separar o carvão ativado apresentou uma faixa de diâmetro de partícula entre 1,41mm e 1,80mm.

A caracterização química e textural foram realizadas com a amostra selecionada.

Os resultados indicam um teor de carbono fixo em torno de 53%, considerado mediano para este tipo de carvão. Este teor de carbono é típico para carvões ativados produzidos a partir do endocarpo do coco e ativados com vapor de água. Resultados semelhantes são encontrados na literatura, quando da produção de carvão ativado usando como precursor outros resíduos agrícolas como resíduos de chá, casca de

nozes e resíduos de fibras têxteis (YAGMUR ET AL., 2008; AYGUN et al., 2003; WILLIAMS E REED, 2004).

O teor de cinzas na amostra de carvão é um indicativo da quantidade de matéria inorgânica presente no carvão, pois é o resultado da queima do carvão ativado em temperaturas superiores a 900°C na presença do ar. O teor de cinzas é dependente da composição do precursor, podendo apresentar uma variação significativa para diferentes precursores. O resultado obtido para o teor de cinzas (6,8%) indica concordância com os valores encontrados na literatura (DABROWSKI ET AL., 2005). As condições de ativação podem ter alguma influência o valor final do teor de cinzas, contudo na amostra usada não foi possível avaliar estas influências, uma vez que estas amostras foram adquiridas de terceiros. O teor de cinzas pode ainda ser afetado de forma significativa pela presença de impurezas no precursor, principalmente impurezas de caráter inorgânico.

O valor de pH_{PZC} permite avaliar qualitativamente as características ácidas ou básicas da superfície dos carvões ativados. O resultado obtido de um pH_{PZC} igual a 8,2 mostra que o carvão utilizado apresenta característica básica. O conhecimento da característica ácida ou básica do carvão ativado é determinante para sua utilização como adsorvente. Esta característica interfere na capacidade que o carvão ativado tem de trocar íons durante o processo de adsorção em fase líquida, uma vez que as espécies iônicas têm na interação eletrostática o principal mecanismo de adsorção.

A determinação da área superficial específica do carvão ativado foi realizada com base nas isotermas de adsorção de nitrogênio (N_2) a -196°C. Estas isotermas foram obtidas em um equipamento ASAP 2020 da Micromeritics. A área superficial específica (A_{BET}) foi calculada a partir do método proposto por Brunauer, Emmett e Teller, conhecido como método de BET, que forneceu o valor de 670m²/g. Este valor é típico para este tipo carvão ativado, quando comparados com valores encontrados na literatura. O valor da área superficial específica em um sólido adsorvente é uma característica importante, pois como a adsorção é um fenômeno de superfície, esta característica pode levar o adsorvente a ter um melhor desempenho quando usado.

Após a caracterização do carvão ativado, foram realizados os ensaios de adsorção. Nestes ensaios foram obtidas as curvas de adsorção para vários ensaios, que são apresentadas na Figura 3.

A Figura 3 mostra as curvas de ruptura para os ensaios realizados, tendo sido variado nestes ensaios à massa do leito de carvão ativado e o pH da solução.

As curvas de ruptura obtidas e mostradas na Figura 3 apresentam o formato típico de uma curva para a adsorção em leito fixo, com um perfil do tipo sigmoidal (formato de S). Este comportamento é caracterizado por um período inicial com concentração de cafeína muito baixa na saída, seguido de um aumento brusco da concentração da cafeína na saída, chamado de ponto de ruptura, após o qual a concentração da saída se aproxima da concentração na entrada, situação em que consideramos que o leito de carvão ativado alcançou a saturação. O formato do perfil em S pode ser afetado

por diversos parâmetros no processo de adsorção, como massa do leito, temperatura, pH, vazão da solução entre outros. A Figura 3 mostra que a variação do pH de 3,0 para 4,5 não provocou grandes mudanças na adsorção e consequentemente nas curvas de ruptura, indicando que nas condições usadas o pH teve pouca interferência na adsorção. O Outro parâmetro avaliado, a massa do leito de carvão, observa-se na Figura 4 que o aumento da massa interfere positivamente na capacidade de adsorção, pois o aumento da massa leva a um aumento do tempo de ruptura uma vez que existe uma maior disponibilidade de adsorvente para a retenção da cafeína. Este comportamento indica uma maior capacidade de adsorção do leito e consequentemente uma maior eficiência de remoção de cafeína.

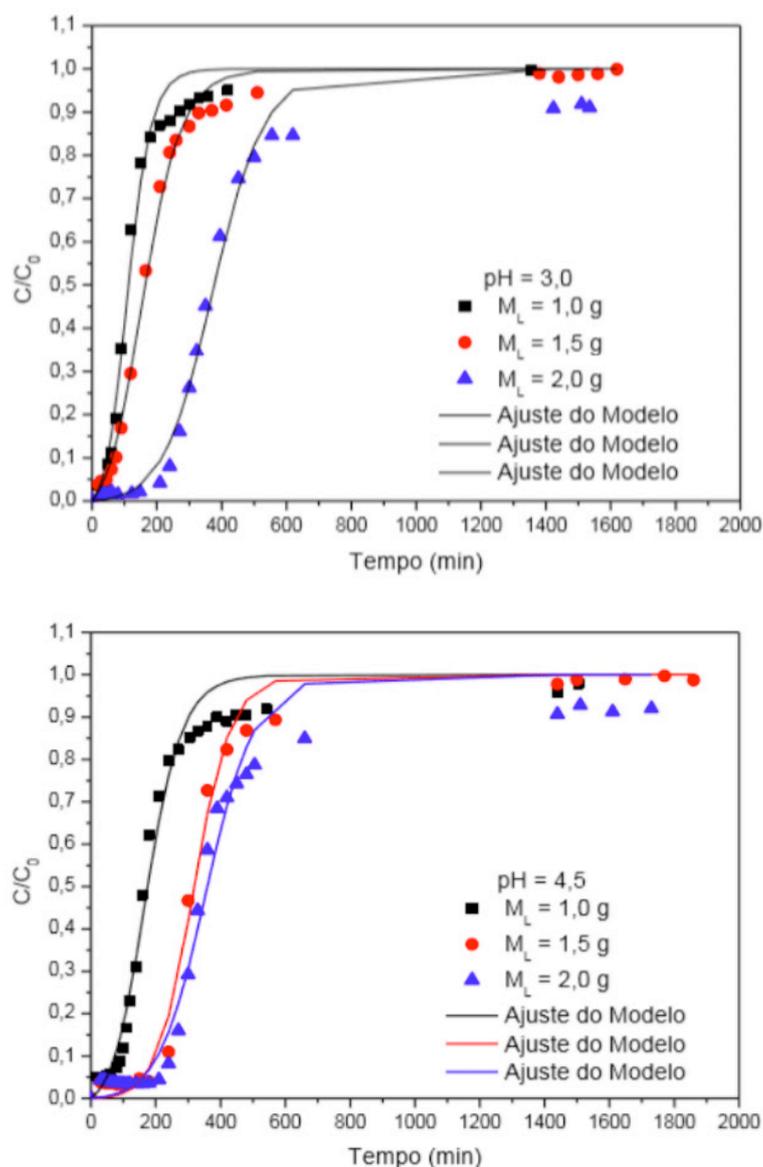


Figura 3- Curvas de ruptura e ajuste do modelo sigmoidal para ensaios de adsorção de cafeína em carvão ativado comercial com vazão de 10 mL/min e temperatura de 25°C.

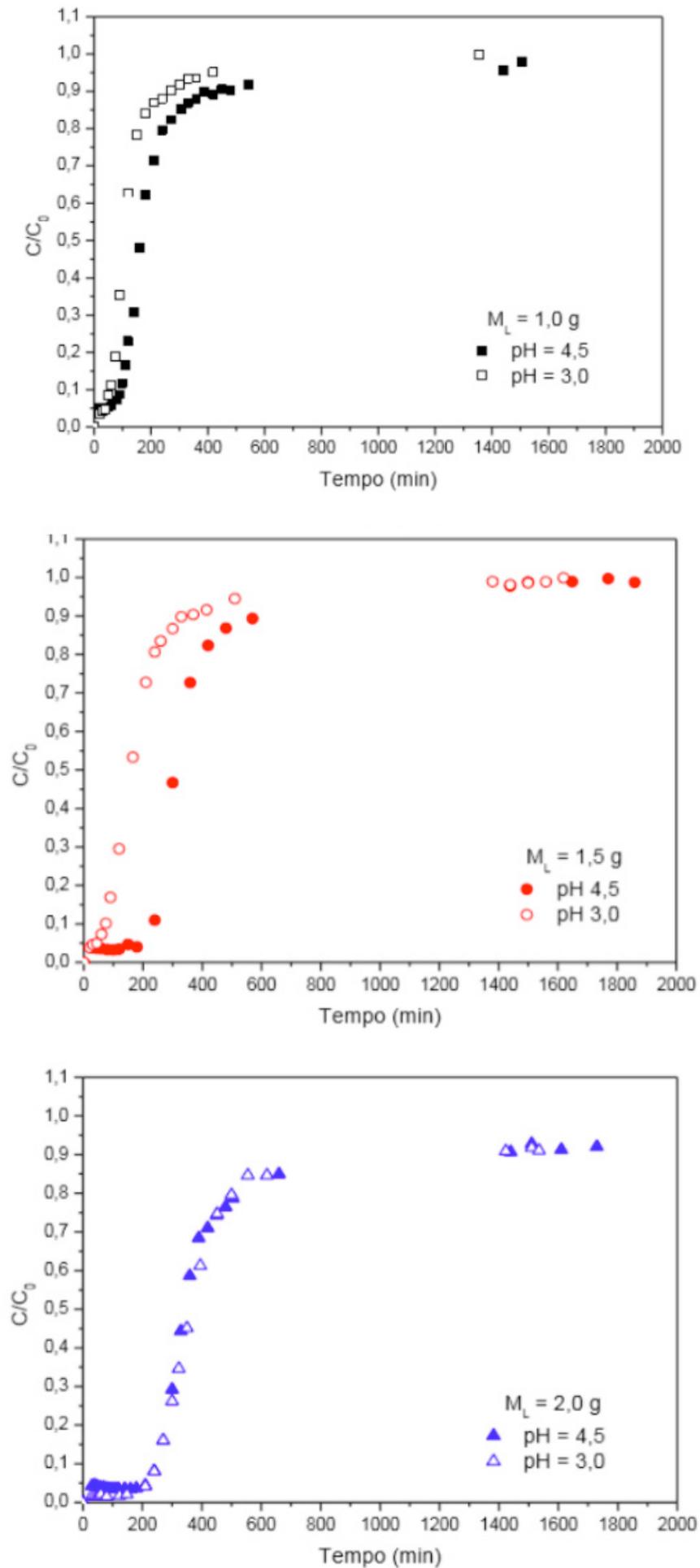


Figura 4 - Curvas de ruptura para ensaios de adsorção de cafeína em carvão ativado comercial com vazão de 10 mL/min e temperatura de 25°C.

As curvas de ruptura também foram utilizadas para o cálculo da capacidade de adsorção do leito e eficiência de remoção da cafeína. McCABE et al. (1993) apresentam uma maneira de calcular a capacidade de adsorção do leito (massa do adsorvato por massa do adsorvente) usando a curva de ruptura e um balanço de massa, como apresentado anteriormente.

A Tabela 1 apresenta os resultados calculados a partir dos dados experimentais obtidos nas curvas de ruptura. Os resultados mostram que a eficiência de remoção da cafeína ficou entre 17% a 36%, valor que pode ser considerado baixo para um processo de tratamento primário. Contudo, mudança dos parâmetros do processo pode levar a uma melhora nesta eficiência de remoção, como vazão de alimentação da solução e características do carvão.

pH	M_L (g)	C_0 (mg/L)	M_E (mg)	M_{ads} (mg)	η (%)	W (mg/g)
4,5	1,0	29,1	419,5	74,8	17,8	74,8
	1,5	27,9	401,6	107,6	26,8	71,8
	2,0	30,2	522,8	151,6	29,0	75,8
3,0	1,0	29,6	124,4	39,2	31,5	39,2
	1,5	29,6	151,1	54,9	36,3	36,6
	2,0	29,7	456,8	147,1	32,2	73,6

Tabela 1 – Massa adsorvida, capacidade de adsorção e eficiência de remoção da cafeína nos ensaios de adsorção.

Os resultados obtidos e apresentados na Tabela 1 mostram que de uma forma geral, o desempenho do processo apresenta uma potencialidade para ser usado no tratamento de soluções contaminadas com o fármaco cafeína. Observa-se ainda, que a variação do pH não provocou grandes variações nos resultados da eficiência de remoção e capacidade de adsorção. Este comportamento indica que o uso do pH original da solução é o mais adequado, pois evita a necessidade de uma etapa a mais no processo que é a correção do pH.

4 | CONCLUSÕES

- Os métodos sugeridos para o desenvolvimento do trabalho foram adequados, pois foi possível alcançar os objetivos propostos;
- A caracterização do carvão usado indica que o mesmo apresenta características básicas, com pH_{PZC} em torno de 8,50;
- A caracterização textural do carvão ativado usado mostra que o mesmo tem uma área superficial (A_{BET}) mediana, com valor em torno de 670 m²/g;

- As curvas de ruptura apresentaram o comportamento característico para adsorção em leito fixo, podendo ser representadas por um modelo matemático do tipo sigmoidal que apresentou coeficientes de correlação (R^2) acima de 0,97 para todos os ensaios;
- O carvão usado apresentou capacidades máximas de adsorção de cafeína entre 35mg/g e 75mg/g, e eficiências de remoção de cafeína entre 17% e 36%. Estes valores podem ser considerados medianos quando comparados com resultados encontrados na literatura;
- Os resultados mostraram uma influência direta do aumento da massa do leito adsorvente no desempenho da adsorção, indicando um melhor desempenho para um aumento da massa. Contudo o efeito do pH no desempenho da adsorção não ficou claro, indicando a necessidade de novos ensaios para melhor avaliar a influência deste parâmetro;
- Os resultados mostram que de uma forma geral, a adsorção em leito fixo com o tipo de carvão ativado testado tem potencialidade para ser usado no tratamento de soluções contaminadas com cafeína.

REFERÊNCIAS

- AYGUN A, YENISOY-KARAKAS_ S, DUMAN I. **Production of granular activated carbon from fruit stones and nutshells and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties.** *Micropore and Mesopore Materials* 66, p. 189–95, 2003.
- Bila, D. M.; Dezotti, M.. **Fármacos no Meio Ambiente.** *Quím. Nova* 26 (4): 523-530, 2003.
- DABROWSKI, A., PODKOSCIELNY, P., HUBICKI, Z., BARCZAK, M. **Adsorption of phenolic compounds by activated carbon—a critical review.** *Chemosphere*, 58, p. 1049–1070, 2005.
- Delaune, R.; Lindau, C.; Jugsujinda, A.. **Effectiveness of “Nochar” Solidifier Polymer in Removing Oil from Open Water in Coastal Wetlands.** *Spill Science & Technology Bulletin* 5, 357-359, 1999.
- GASPAR, S.; RAMOS, F. **Caffeine: Consumption and health effects.** *Encyclopedia of Food and Health*, p. 573-578, 2016.
- Hines, A. L.; Maddox, R. N.. **Mass Transfer: Fundamentals and Applications.** New Jersey: PrenticeHall PTR, 542 p., 1985.
- Jones, O.A.; Lester, J.N.; Voulvoulis, N.. **Pharmaceuticals: a Treat to Drinking Water? Trends in Biotechnology.** 23 (4), 163-167, 2005.
- Mccabe, W. L.; Smith, J. C.; Harriott, P.. **Unit Operations of Chemical Engineering.** 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1993.
- SERVAIS, P.; BILLEN, G.; BOUILLOT, P.; BENEZET, M. **A pilot study of biological GAC filtration in drinking-water treatment.** *Journal of Water Supply, Research and Technology – AQUA*, v. 41, n. 3, p.163-168, 1992.
- Treybal, R. E.. **Mass-Transfer Operations.** 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1980.

WILLIAMS, P.T, REED, A.R. **High grade activated carbon matting derived from the chemical activation and pyrolysis of natural fibre textile waste.** J Anal Appl Pyrol 71, p. 971–986, 2004.

YAGMUR E, OZMAK M, AKTAS Z. **A novel method for production of activated carbon from waste tea by chemical activation with microwave energy.** Fuel 87, p. 3278–3285, 2008.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-088-9



9 788572 470889