

# Impactos das Tecnologias nas Engenharias 6

**Franciele Bonatto  
João Dallamuta  
Julio Cesar de Souza Francisco  
(Organizadores)**

**Franciele Bonatto  
João Dallamuta  
Julio Cesar de Souza Francisco**  
(Organizadores)

# **Impactos das Tecnologias nas Engenharias**

## **6**

**Atena Editora  
2019**

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Lorena Prestes e Geraldo Alves

**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)**

I34 Impactos das tecnologias nas engenharias 6 [recurso eletrônico] /  
Organizadores Franciele Bonatto, João Dallamuta, Julio Cesar de  
Souza Francisco. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. –  
(Impactos das Tecnologias nas Engenharias; v. 6)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia.  
ISBN 978-85-7247-159-6  
DOI 10.22533/at.ed.596191303

1. Engenharia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia.  
I. Bonatto, Franciele. II. Dallamuta, João. III. Francisco, Julio Cesar de  
Souza.

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

## APRESENTAÇÃO

Caro leitor(a)

Nesta obra temos um compendio de pesquisas realizadas por alunos e professores atuantes em engenharia e tecnologia com contribuições para a melhoria da sustentabilidade. São apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e processos que visam a melhoria de dados causados ao ambiente.

Outra característica dos capítulos que compõe este livro é o fato de estarem relacionadas com atividades de pesquisa de diferentes naturezas em várias áreas da engenharia e tecnológica, uma visão multidisciplinar com contribuições relevantes por meio de resultados e discussões, muitas de cunho prático e com grande aplicabilidade.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Franciele Bonatto  
João Dallamuta  
Julio Cesar de Souza Francisco

# Gestão, Tecnologia e Engenharia: Sustentabilidade

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL: MONTAGEM E MANUTENÇÃO DE COMPUTADORES A PARTIR DO REUSO DO LIXO ELETRÔNICO</b>	
<i>Jocimar Fernandes</i>	
<i>André Rubim Mattos</i>	
<i>Ana Lucia Louzada Fernandes</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5961913031</b>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>8</b>
<b>SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: O SISTEMA LEED E A CERTIFICAÇÃO DA ARENA CASTELÃO</b>	
<i>Antonio Auriseu Nogueira Pinheiro</i>	
<i>Antonio Leandro Cordeiro de Medeiros</i>	
<i>Letícia Oliveira Cunha</i>	
<i>Mérsia Nogueira Maia</i>	
<i>Moisés Rocha Farias</i>	
<i>Narcélio Mesquita Aires Filho</i>	
<i>Thaís Mota Marques</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5961913032</b>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>20</b>
<b>EVOLUÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DA GASOLINA AUTOMOTIVA NO BRASIL A PARTIR DE 2001</b>	
<i>Vanjoaldo R. Lopes Neto</i>	
<i>Leonardo S. G. Teixeira</i>	
<i>Tailee M. A. Cruz</i>	
<i>Ioneide P. Martins</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5961913033</b>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>41</b>
<b>TAXA DE EVAPORAÇÃO DA GASOLINA GRID EM TANQUES DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS: UMA AVALIAÇÃO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA</b>	
<i>Thiago da Silva André</i>	
<i>Francisco de Assis Oliveira Fontes</i>	
<i>Cleiton Rubens Formiga Barbosa</i>	
<i>Cleiton Rubens Formiga Barbosa Júnior</i>	
<i>Isaac Pércles Maia de Medeiros</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5961913034</b>	
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>51</b>
<b>TAXA DE EVAPORAÇÃO DO DIESEL S10 EM TANQUES DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS: UMA AVALIAÇÃO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA</b>	
<i>Thiago da Silva André</i>	
<i>Francisco de Assis Oliveira Fontes</i>	
<i>Cleiton Rubens Formiga Barbosa</i>	
<i>Cleiton Rubens Formiga Barbosa Júnior</i>	
<i>Isaac Pércles Maia de Medeiros</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5961913035</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 61**

**ANÁLISE DA CONTAMINAÇÃO DE SOLO POR POSTOS DE COMBUSTÍVEIS**

*João Evangelista Neto*  
*Edry Antonio Garcia Cisneros*  
*José Costa de Macêdo Neto*  
*Eduardo Rafael Barreda del Campo*  
*Weberson Santos Ferreira*  
*Ricardo Wilson Aguiar da Cruz*

**DOI 10.22533/at.ed.5961913036**

**CAPÍTULO 7 ..... 72**

**ANÁLISE DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA GASOLINA E ÓLEO DIESEL COMERCIALIZADOS EM AREIA BRANCA/RN, CONFORME ESPECIFICAÇÕES DA ANP**

*Regina Celia de Oliveira Brasil Delgado*  
*João Luiz Porfirio da Silva*  
*Ana Catarina Fernandes Coriolano*  
*Jardel Dantas da Cunha*  
*Antonio Souza de Araujo*

**DOI 10.22533/at.ed.5961913037**

**CAPÍTULO 8 ..... 81**

**PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM ULTRASSOM A PARTIR DE GORDURA ANIMAL PROVENIENTE DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS**

*Matheus Cavali*  
*Valéria Pelizzer Casara*  
*Guilherme Martinez Mibielli*  
*João Paulo Bender*  
*Wagner Luiz Priamo*

**DOI 10.22533/at.ed.5961913038**

**CAPÍTULO 9 ..... 92**

**CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE COCO A SER UTILIZADO NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL VIA ROTA ETÍLICA**

*Silvanito Alves Barbosa*  
*João Vicente Santiago do Nascimento*  
*Fernanda de Souza Stingelin*  
*Glauber Vinícius Pinto de Barros*  
*Lucas Alves Batista Santos*  
*Iasmin Souza Cruz*

**DOI 10.22533/at.ed.5961913039**

**CAPÍTULO 10 ..... 101**

**TRATAMENTO DE ÁGUA DE PRODUÇÃO OFFSHORE**

*Wellington Crispim Cardoso*  
*Guillermo Ruperto Martín-Cortés*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130310**

**CAPÍTULO 11 ..... 112**

**GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA PERFURAÇÃO OFFSHORE**

*Bianca de Couto Dantas Romualdo*  
*Lúcia Maria de Araújo Lima Gaudêncio*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130311**

**CAPÍTULO 12 ..... 128**

**SIMULAÇÃO DE UM VAZAMENTO DE ÓLEO DURANTE UMA OPERAÇÃO OFFLOADING**

*Lígia Maria dos Santos Barros Rodrigues*  
*Anaximandro Anderson Pereira Melo de Souza*  
*Paulo Emanuel Medeiros Paula*  
*Davith da Silva Campos*  
*Luís Jorge Mesquita de Jesus*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130312**

**CAPÍTULO 13 ..... 134**

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE PREPARO DE AMOSTRA DE PETRÓLEO PARA DETERMINAÇÃO DE ENXOFRE POR ICP-OES**

*Izabel Kaline da Silva Oliveira*  
*Álvaro Gustavo P. Galvão*  
*Larissa Sobral Hilário*  
*Tatiane de A. Maranhão*  
*Djalma Ribeiro da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130313**

**CAPÍTULO 14 ..... 140**

**POTENCIAL USO DA AGUA PRODUZIDA REAL E SINTÉTICA COMO DISPERSANTE EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO AQUOSOS: INFLUÊNCIA NOS PARÂMETROS REOLÓGICOS, DE FILTRAÇÃO E CORROSIVIDADE**

*Jardel Dantas da Cunha*  
*Keila Regina Santana Fagundes*  
*Ana Karoline de Sousa Oliveira*  
*Gecilio Pereira da Silva*  
*Rodrigo Cesar Santiago*  
*Juddson Diniz Medeiros*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130314**

**CAPÍTULO 15 ..... 151**

**UTILIZAÇÃO DE BIOSSORVENTES PARA REMOÇÃO DE BENZENO EM SOLUÇÕES AQUOSAS**

*Yasmin Maria da Silva Menezes*  
*Evellyne Nunes de Oliveira Galvão*  
*Aécia Seleide Dantas dos Anjos*  
*Raoni Batista dos Anjos*  
*Djalma Ribeiro da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130315**

**CAPÍTULO 16 ..... 163**

**REMOÇÃO DE FENOL EM ÁGUAS RESIDUÁRIAS ATRAVÉS DE BIOFILME SUPORTADO EM CARVÃO ATIVADO ESTUDO EM BATELADA**

*Josiane Bampi*  
*Heraldo Baialardi Ribeiro*  
*Tainá Cristini Da Silva*  
*Adriana Dervanoski*  
*Gean Delise Leal Pasquali Vargas*

**DOI 10.22533/at.ed.59619130316**

<b>CAPÍTULO 17 .....</b>	<b>172</b>
<b>AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ADSORÇÃO DE VERMICULITA ATIVADA POR LIXIVIAÇÃO ÁCIDA PARA REMOÇÃO DE BTX EM ÁGUA</b>	
<i>Débora Karina da Silva Guimarães</i>	
<i>Nayonara Karolynne Costa de Araújo</i>	
<i>Amanda Duarte Gondim</i>	
<i>Djalma Ribeiro da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.59619130317</b>	
<b>CAPÍTULO 18 .....</b>	<b>181</b>
<b>ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE BTX PRESENTE EM ÁGUA CONTAMINADA COM GASOLINA UTILIZANDO FE/AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> COMO ADSORVENTES</b>	
<i>Nayonara Karolynne Costa de Araújo</i>	
<i>Débora Karina da Silva Guimarães</i>	
<i>Amanda Duarte Gondim</i>	
<i>Djalma Ribeiro da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.59619130318</b>	
<b>CAPÍTULO 19 .....</b>	<b>189</b>
<b>ESTUDO DA REMOÇÃO DE SURFACTANTES DA ÁGUA PRODUZIDA POR MEIO DE CARVÃO ATIVADO OBTIDO A PARTIR DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS</b>	
<i>Letícia Gracyelle Alexandre Costa</i>	
<i>Álvaro Gustavo Paulo Galvão</i>	
<i>Ana Gabriela Soares da Silva</i>	
<i>Henrique Borges de Moraes Juviano</i>	
<i>Djalma Ribeiro da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.59619130319</b>	
<b>CAPÍTULO 20 .....</b>	<b>198</b>
<b>ESTUDO DA CONVERSÃO DE ENERGIA USANDO DISPOSITIVOS BASEADOS EM MATERIAIS PIEZO-ELÉTRICO APOIADOS EM PLATAFORMAS APORTICADAS</b>	
<i>Aline de Oliveira Schonarth</i>	
<i>Jorge Luis Palacios Felix</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.59619130320</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIADORES.....</b>	<b>203</b>



## ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE BTX PRESENTE EM ÁGUA CONTAMINADA COM GASOLINA UTILIZANDO $Fe/Al_2O_3$ COMO ADSORVENTES

### Nayonara Karolynne Costa de Araújo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – RN

### Débora Karina da Silva Guimarães

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – RN

### Amanda Duarte Gondim

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – RN

### Djalma Ribeiro da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Natal – RN

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da remoção de BTX presente em uma amostra sintética de água contaminada com gasolina através de processos de adsorção, empregando a alumina suportada com ferro ( $Fe/Al_2O_3$ ) como catalisador heterogêneo. Foram realizados ensaios, onde foi colocada a solução sintética para reagir na presença de  $Fe/Al_2O_3$  em um sistema fechado e agitação mecânica, variando a concentração do catalisador em 2, 4 e 6  $g.L^{-1}$ . A cada 0, 10, 30, 60, 90 e 120 minutos, foram retiradas alíquotas dessa solução, e levadas para análise através da técnica de CG-FID com extração por *headspace*. Os resultados indicaram que o  $Fe/Al_2O_3$  a uma concentração de 6  $g.L^{-1}$  e o tempo de reação de 90 minutos resulta em um rendimento de 65,8% para a

remoção de benzeno, 89,1% em tolueno, 89,9% de a  $m,p$  - xileno e 93,3% para os  $\theta$ -xilenos.

**PALAVRAS-CHAVE:** adsorção; alumina; BTX; tratamento de água.

**ABSTRACT:** This work aimed to evaluate the efficiency of the removal of BTX present in a synthetic sample of water contaminated with gasoline through adsorption processes, using the iron - supported alumina ( $Fe/Al_2O_3$ ) as a heterogeneous catalyst. Tests were carried out, where the synthetic solution was used to react in the presence of  $Fe / Al_2O_3$  in a closed system and mechanical agitation, varying the concentration of the catalyst in 2, 4 and 6  $g.L^{-1}$ . At 0, 10, 30, 60, 90 and 120 minutes, aliquots of this solution were removed, and taken for analysis by the CG-FID technique with headspace extraction. The results indicated that  $Fe/Al_2O_3$  at a concentration of 6  $g.L^{-1}$  and the reaction time of 90 minutes resulted in a yield of 65.8% for the removal of benzene, 89.1% in toluene, 89.9% of  $m, p$ -xylene and 93.3% for  $\theta$ -xylenes.

**KEYWORDS:** adsorption; alumina; BTX; water treatment.

## 1 | INTRODUÇÃO

Diante da crescente demanda por

recursos hídricos, a exploração da água subterrânea é uma alternativa para o abastecimento público e para o desenvolvimento econômico da sociedade, pois, além de ser abundante, normalmente apresenta melhor qualidade comparada às águas superficiais (CETESB, 2005).

As fontes de contaminação das águas subterrâneas são inúmeras, dentre elas atividades de mineração e uso de defensivos agrícolas (ALABURDA & NISHIHARA, 1998; REBOUÇAS, 1996), vazamentos de depósitos de lixo químico, derramamentos acidentais de produtos químicos e os vazamentos em dutos e tanques de armazenamentos subterrâneos de combustível (ALVES, 2012).

Em um derramamento de gasolina, uma das principais preocupações é a contaminação de aquíferos que sejam usados como fonte de abastecimento de água para consumo humano (CORSEUIL & MARINS, 1997). Os maiores problemas de contaminação por vazamento de combustível são atribuídos aos hidrocarbonetos monoaromáticos, benzeno, tolueno e xilenos (orto-, meta-; para-), denominados de BTX (SILVA et al., 2002), pois são os constituintes que têm maior solubilidade e mobilidade em água e, portanto, atingirão mais facilmente o lençol freático (MARIANO, 2006).

Diversas alternativas tecnológicas para tratamento de águas subterrâneas têm sido utilizadas, com diferentes índices de eficiência no controle da remoção de compostos orgânicos voláteis, tais como: eletrofloculação (POON, 1997), fotocatalise heterogênea (DONAIRE, 2007), fitorremediação (MORENO & CORSEUIL, 2001), porém entre tantas técnicas de tratamentos, o processo de adsorção tem sido destaque devido sua metodologia simples e viabilidade econômica, ganhando importância como um processo de separação e purificação nas últimas décadas, sendo também um dos métodos mais eficientes empregados na remoção de cor, odor, óleos e poluentes orgânicos (RAFATULLAH et al., 2010).

Inúmeros materiais podem ser utilizados como adsorventes, no entanto, os mais comumente empregados, segundo Geankoplis (1993) são: o carvão ativado, a sílica gel, a alumina, a peneira molecular de zeólitos e os polímeros sintéticos ou resinas. Porém, a aplicação de alumina como adsorvente no processo de adsorção para recuperação da água subterrânea tem sido uma rota alternativa e promissora para a remoção de compostos poluentes devido as suas propriedades físico-químicas no processo de adsorção (SMITH et al., 2005), como: elevada área superficial específica, grande quantidade de grupos funcionais de superfície e tamanho de poro adequado.

Diante do exposto e tendo em vista a grande preocupação com a crise e escassez dos recursos hídricos em todo o país, o presente trabalho visa avaliar a eficiência da alumina suportada com ferro ( $\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) como adsorvente na remoção de BTX (benzeno, tolueno e xilenos) em água subterrânea, realizando ensaios de adsorção afim de encontrar as condições ótimas para se obter a maior eficiência da remoção desses compostos como um meio de purificar o efluente deixando-o em um limite adequado para ser devolvido ao meio ambiente.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Preparo da solução sintética

Com a finalidade de reproduzir uma amostra real de água subterrânea contaminada com BTX, foi preparada uma solução sintética de água contaminada com gasolina, para isso utilizou-se gasolina - tipo C, de um posto de combustível localizado em Natal/RN.

### 2.2 Deposição do metal sobre o catalisador

A deposição do metal sobre o adsorvente foi realizada por impregnação com excesso de solvente utilizando-se o nitrato de ferro nonahidratado –  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  como fonte de ferro. A concentração mássica percentual do ferro depositado em relação à massa do adsorvente (em base seca) foi fixada em 30 %.

### 2.3 Caracterização do adsorvente

#### a) Difração de Raios X

A difração de raios X é um método apropriado para caracterização e identificação da estrutura e das fases cristalinas presentes na amostra. As amostras foram caracterizadas em um difratômetro da SHIMADZU XRD 6000, operando com radiação  $\text{CuK}\alpha$  ( $\lambda=1,54 \text{ \AA}$ ) a uma voltagem de 40 kV e corrente de 30 mA. Os dados foram coletados na faixa  $2\theta$  de 5 - 100° com uma velocidade de varredura de 2° por minuto e usando um tempo de aquisição de 1s/passos.

A identificação das fases presentes na amostra é baseada na comparação de um perfil desconhecido com o conjunto de difração padrão coletado e mantido pelo JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*).

#### b) Fluorescência de Raios X

A técnica de fluorescência de Raios X fornece informações qualitativas e quantitativas da composição química de um material, e baseia-se na emissão de sinais de Raios-X de comprimento de onda característico de cada elemento presente na amostra quando átomos são excitados.

As análises foram realizadas utilizando um equipamento da marca SHIMADZU, modelo XRF-1800.

### 2.4 Ensaios de Adsorção

O estudo de adsorção dos compostos orgânicos (BTX) utilizando  $\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$  para identificar a influência do tempo de contato necessário para que fosse alcançado o equilíbrio entre adsorvente e adsorvato deram-se através da realização de diferentes

ensaios, onde foi colocado a amostra sintética de gasolina para reagir em presença do adsorvente em um sistema fechado e agitação mecânica, variando a concentração do catalisador em 2 g.L<sup>-1</sup>, 4 g.L<sup>-1</sup> e 6 g.L<sup>-1</sup>.

Foram retiradas alíquotas de 10 mL foram retiradas, em tempos de 0,10, 30, 60, 90 e 120 minutos e levadas para análise através da técnica de cromatografia gasosa por ionização de chama (CG-FID) modelo GC-2010 da SHIMADZU, com extração por *headspace* no mesmo dia em que foi realizado o ensaio, para avaliar qual concentração do catalisador tem maior eficiência na remoção.

O método de extração para BTX em água subterrânea foi baseado no USEPA 8021b para voláteis aromáticos e halogenados por cromatografia gasosa usando detector por ionização em chama (FID), visto que é um método bastante utilizado para determinar os compostos orgânicos voláteis em uma variedade de matrizes, incluindo águas subterrâneas. A extração por *headspace* foi realizada usando o auto-amostrador automático, modelo AOC-5000, da SHIMADZU.

Um volume de 10 mL de amostra foi transferido para um vial de 20 mL e vedado com lacre de alumínio e septo de teflon, posteriormente introduzido no auto-amostrador automático. As condições de incubação do *headspace* estão apresentadas na Tabela 1. Após o período de incubação/extração foram recolhidos 1 mL do *headspace* confinado no frasco, por meio de uma seringa do tipo *gastight*, previamente aquecida a 85°C, em seguida injetada no cromatógrafo sob condições cromatográficas previamente estabelecidas (Tabela 2).

<b>Condições de incubação do Headspace</b>	
Temperatura de incubação, °C	85
Tempo de incubação, min	30
Temperatura da seringa, °C	90

Tabela 1. Condições de incubação do *headspace*.

<b>Coluna</b>	OV-624 (30m x 0,53mm)
<b>Temperatura do forno</b>	Inicial: 35°C, 7°C.min <sup>-1</sup> até 180°C
<b>Gás de arraste</b>	N <sub>2</sub> (6mL.min <sup>-1</sup> )
<b>Gás da chama do FID</b>	H <sub>2</sub> e ar sintético
<b>Temperatura do injetor</b>	250°C
<b>Modo de injeção</b>	Splitless
<b>Temperatura do FID</b>	250°C
<b>Gás de arraste</b>	Nitrogênio
<b>Tempo da corrida</b>	25 min

Tabela 2. Condições cromatográficas estabelecidas para realizar as análises de BTX.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.5 Caracterização do Adsorvente

Na Figura 1, é apresentado o difratograma da alumina suportada com ferro ( $\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Verifica-se a partir da referência cristalográfica 46-1212, analisada pelo banco de dados JCPDS, do programa Crystallographic Search Match que correspondente à  $\alpha$ -alumina de simetria hexagonal, obtida em fase única, corroborando com os resultados obtidos por Evangelista (2011). Há também a presença de picos correspondentes ao  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , onde os valores das distâncias interplanares, intensidade relativa e  $2\theta$  dos difratogramas experimentais coincidem com os valores listados na ficha cristalográfica 33-664, do banco de dados JCPDS, do programa Crystallographic Search Match.

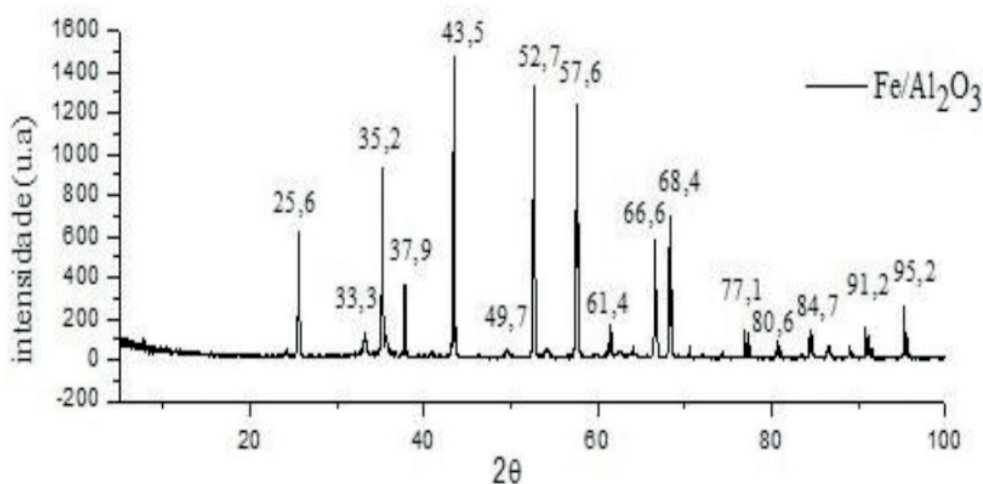


Figura 1. Análise de DRX da  $\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$

Os resultados de fluorescência (FRX) para a amostra suportada com ferro ( $\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) são apresentados na Tabela 3.

Composição química	Quantidades (%)
Al	71,4231
Fe	28,3170
Impurezas	0,2598

Tabela 3: Composição química da amostra de  $\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$

#### 3.6 Influência da concentração do adsorvente e o tempo de reação

Os potenciais de adsorção da  $\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$  foram avaliados através do cálculo da eficiência de remoção (%), obtido a partir da seguinte relação entre as concentrações

iniciais ( $C_i$ ) e finais ( $C_f$ ) do componente adsorvido (Equação 1).

$$R (\%) = (C_i - C_f)/C_0 * 100\% \quad (1)$$

### 3.7 Influência da concentração do adsorvente e do tempo de reação utilizando alumina suportada com ferro ( $\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$ )

A Tabela 4 mostra as eficiências de remoção (%) dos contaminantes para alumina suportada com ferro ( $\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ), após os 120 minutos de reação.

Concentração $\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ( $\text{g.L}^{-1}$ )	R (%)			
	Benzeno	Tolueno	m,pXileno	o Xileno
2	64,1	91,3	84,1	89,2
4	47,0	80,5	75,8	83,1
6	65,8	89,1	89,9	93,3

Tabela 4. Eficiência de remoção (%) dos BTX em função da concentração inicial de alumina suportada com ferro ( $\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

De acordo com os dados da Tabela 4 observa-se que a adsorção de BTX ocorre na seguinte ordem: tolueno > xileno > benzeno. Com exceção do ensaio utilizando  $4\text{g.L}^{-1}$  do adsorvente onde o  $\theta$ -xileno obteve maior eficiência de remoção (83,1%) que o tolueno (80,5%).

Verifica-se na Figura 2 que a remoção dos compostos ocorre no tempo de aproximadamente 90 minutos. E, que a concentração dos hidrocarbonetos aromáticos estudados decai com o tempo de reação.

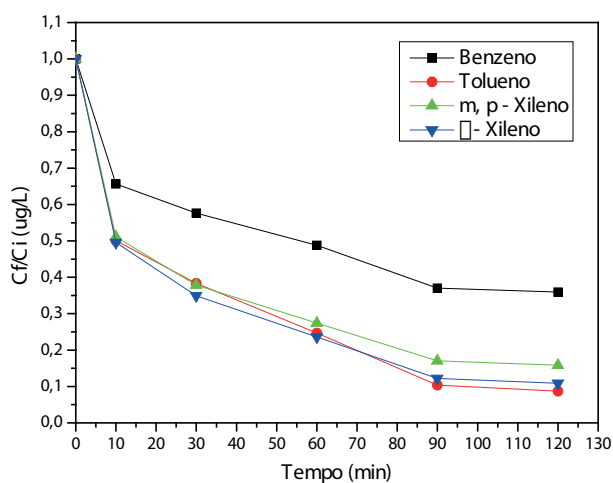


Figura 2. a) Ensaio de adsorção utilizando alumina dopada com ferro/  $2\text{g.L}^{-1}$   $\text{Fe}/\text{Al}_2\text{O}_3$ .

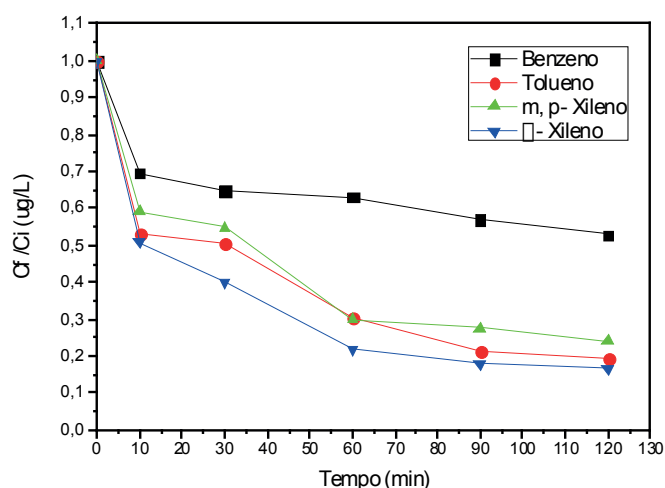


Figura 2. b) Ensaios de adsorção utilizando alumina dopada com ferro/  $4\text{g.L}^{-1} \text{Fe/Al}_2\text{O}_3$ .

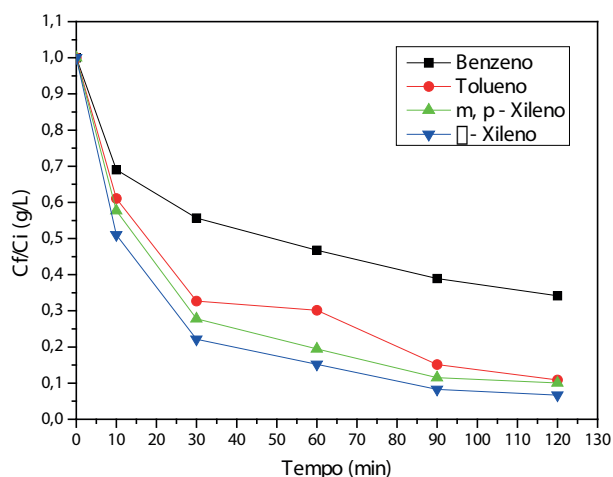


Figura 2. c) Ensaios de adsorção utilizando alumina dopada com ferro/  $6\text{g.L}^{-1} \text{Fe/Al}_2\text{O}_3$ .

Verifica-se também que a reação que apresenta maior percentual de remoção é quando foi utilizada a concentração de  $6\text{g.L}^{-1}$  de  $\text{Fe/Al}_2\text{O}_3$  em 90 minutos de reação, ou seja, as remoções dos compostos BTX aumentam com o aumento da massa do adsorvente. Isto, segundo Schneider (2008) normalmente é atribuído a uma maior disponibilidade da área superficial, com a decorrente presença de mais sítios ativos de adsorção.

Segundo Srivastava (2005) a adsorção é mais rápida nos estágios iniciais do processo, ao passo que é mais lenta próxima ao equilíbrio. Este comportamento ocorre, pois, no início, há uma grande quantidade de sítios vazios para a adsorção. Com o decorrer do tempo, o número de sítios vazios diminui e começa a haver também a presença das forças repulsivas das moléculas de hidrocarbonetos já adsorvidas, o que dificulta o processo de adsorção nos sítios restantes.

## 4 | CONCLUSÃO

A alumina suportada com ferro utilizada neste estudo apresentou uma boa capacidade de adsorção dos hidrocarbonetos aromáticos avaliados, sendo bastante eficiente na remoção de BTX. O ensaio que obteve melhor eficiência no resultado foi o de concentração  $6 \text{ g.L}^{-1}$  de  $\text{Fe/Al}_2\text{O}_3$ , com uma porcentagem de remoção de 65,8% para o benzeno, 89,1% para o tolueno, 89,9% para os m,p - Xilenos e 93,3% para os  $\theta$ -Xilenos.

## REFERÊNCIAS

ALABURDA, J; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. *Revista de Saúde Pública*, 32, n.2, 160-165, 1998.

ALVES, Camila Graciele Rolim. *Degradação de compostos orgânicos voláteis usando o catalisador SBA-15 contendo titânio*. 2012. 92f. Dissertação (Mestrado em química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências exatas e da Terra, Programa de Pós Graduação em Química, Natal.

CETESB. (2005) *Valores orientadores para solo e águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. Decisão de Diretoria nº 195-2005 - 23 de novembro de 2005. 4 p.

CORSEUIL, Henry Xavier; MARINS, Marcus Dal Molin. Contaminação de águas subterrâneas por derramamentos de gasolina: o problema é grave. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 2, n. 2, p. 50-54, 1997.

MARIANO, Adriano Pinto. *Avaliação do potencial de biorremediação de solos e de águas subterrâneas contaminados com óleo diesel*. 2006. 162f. **Tese** (doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

REBOUÇAS, Aldo Cunha. Diagnóstico do setor de hidrologia. **Caderno Técnico**, v. 2, p. 42-46, 1996.

SILVA, Rosimar Lima Brandao et al. Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis conseqüências para a saúde pública no Município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil. *Cad Saúde Pública*, v. 18, n. 6, p. 1599-607, 2002.

SCHNEIDER, J. B., Fernandes, I. J., Kieling, A. G., Caetano, M. O., & Brehm, F. A. Caracterização de águas subterrâneas contaminadas por hidrocarbonetos como etapa inicial para sua remediação. In: 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre/RS, 2011.

SRIVASTAVA, V.C.; Swamy, M.M.; Mall, I.D.; Prasad, B.; Mishra, I.M. Adsorptive removal of phenol by bagasse fly ash and activated carbon: equilibrium, kinetics and thermodynamics. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 272, n. 1, p. 89-104, 2006.



Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-159-6

