

# 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*  
*Evelyne 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>

## REMOÇÃO DE FENOL EM ÁGUAS RESIDUÁRIAS ATRAVÉS DE BIOFILME SUPOSTADO EM CARVÃO ATIVADO ESTUDO EM BATELADA

### Josiane Bampi

Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Laboratório de Efluentes e Resíduos, Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Erechim – RS

### Heraldo Baialardi Ribeiro

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Erechim - RS

### Tainá Cristini Da Silva

Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Laboratório de Efluentes e Resíduos, Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Erechim – RS

### Adriana Dervanoski

Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Laboratório de Efluentes e Resíduos, Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Erechim – RS

### Gean Delise Leal Pasquali Vargas

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Fronteira Sul – *Campus* Erechim - RS

**RESUMO:** Muitos são os compostos tóxicos que podem ser encontrados em efluentes industriais. O fenol se destaca por ser largamente utilizado em indústrias petroquímicas, têxteis, de papel e celulose, de tinta, desinfetantes e outras e por apresentar alto potencial recalcitrante e de acumulação no meio ambiente. Dentre as

técnicas de tratamentos para estes efluentes se sobressaem os métodos biológicos, como a biorremediação. Neste trabalho associou-se à técnica de biorremediação, a formação de um biofilme em um suporte de carvão ativado, para a degradação do composto fenol em um reator batelada. Analisou-se a afinidade entre o biofilme e o substrato através de curvas de biodegradação, sendo que as cinéticas dos biorreatores foram realizadas nas concentrações de 50, 100 e 150 mg L<sup>-1</sup> de fenol, à 25 °C e sob uma agitação de 150 rpm. Através do experimento nota-se uma relação direta entre quantidade de substrato e velocidade de consumo.

**PALAVRAS-CHAVE:** biodegradação; biorreatores; biorremediação.

**ABSTRACT:** Many are the toxic compounds that can be found in industrial effluents. Phenol stands out as being widely used in the petrochemical, textile, pulp and paper, ink, disinfectant and other industries and has a high potential for recalcitrant and accumulation in the environment. Among the treatment techniques for effluents, biological methods stand out, such as bioremediation. In this work, the formation of a biofilm in an activated carbon was utilized with the bioremediation technique, for the degradation of the phenol in a batch reactor. The affinity between the biofilm and the substrate

was analyzed through the biodegradation curves, the kinetics were performed at the concentrations of phenol 50, 100 and 150 mg L<sup>-1</sup> at 25° C and under agitation of 150 rpm. Through the experiment the direct relation between the amount of substrate and the speed of consumption is noticed.

**KEYWORDS:** biodegradation; bioreactors; bioremediation.

## 1 | INTRODUÇÃO

O montante de águas residuais geradas nos processos industriais com o decorrer do tempo passou a ser uma das maiores formas de contaminação do meio ambiente. Muitos são os compostos tóxicos que podem ser encontrados nestes efluentes. Dentre eles, os compostos fenólicos se destacam por serem largamente liberados na natureza, na forma de subprodutos dos processos industriais.

Em petroquímicas, os processos de refino do petróleo para a produção de borracha, gasolina, plásticos, óleos e outros, geram águas residuais que podem conter níveis de fenóis entre 20 a 200 mg L<sup>-1</sup> (MEDEL et al., 2018). Indústrias têxteis nos processos de lavagem, através do uso de surfactantes e de acabamento de peças produzem efluentes com presença deste contaminante (NIMKAR, 2018; VALH, et al., 2011). No trabalho de Hussain et al. (2018), encontra-se uma concentração de 0,86 mg L<sup>-1</sup> de fenol neste tipo de efluente.

Em indústrias de papel e celulose, através dos processos de branqueamento do papel, há a geração de compostos fenólicos que podem chegar a concentrações nos efluentes em torno de 60 mg L<sup>-1</sup>, segundo os trabalhos de Ali et al. (2001) e Brink et al. (2017).

As indústrias citadas ocupam, respectivamente, a primeira, a quinta e a sexta posição das atividades mais geradoras de poluentes, sendo assim as maiores causadoras de impactos ambientais (PATEL, et al., 2017). Ramos industriais destinados a produção de farmacêuticos, tintas, desinfetantes, pesticidas e alcatrão também apresentam a formação de resíduos com estes compostos (MICHAŁOWICZ, et al., 2007; CHRAIBI, et al., 2016).

Os riscos associados aos compostos fenólicos são devidos ao seu potencial recalcitrante à degradação e de acumulação no meio ambiente. Desde 1985 a US EPA classificou estes compostos como poluentes prioritário por seu caráter tóxico a micro-organismos, mesmo em baixas concentrações, com limite admissível estipulado em 0,1 mg L<sup>-1</sup> para efluentes líquidos (EL-NAAS, et al., 2010). A legislação brasileira que trata sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes e águas, são a resolução do CONAMA n. 430 de 2011 e a n. 357 de 2005. A resolução n.430, estabelece os limites máximos para as concentrações de fenóis totais em efluente, já a n.357 legisla sobre as águas doces, salinas e salobras. Segundo a resolução n.357, águas doces enquadradas nas Classes 1 e 2 devem obedecer ao padrão de 0,003

mg L<sup>-1</sup> de fenóis totais, águas doces de Classe 3 devem apresentar um valor máximo de 0,01 mg L<sup>-1</sup> e águas de Classe 4 não devem ultrapassar o limite de 1,0 mg L<sup>-1</sup> de fenol. As águas salinas com Classe de qualidade 1 e 2 têm um padrão estipulado em 60 µg L<sup>-1</sup> e as águas salobras de Classe 1 e 2 devem obedecer a concentração limite de 0,003 mg L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011).

Vários são os métodos desenvolvidos para a descontaminação dos corpos d'água, dentre esses os processos biológicos se destacam por possuir baixo custo de aplicação e alta eficiência. Os processos biológicos de biorremediação baseiam-se no uso de micro-organismos adaptados a ambientes contaminados com compostos orgânicos. A degradação destes compostos ocorre através de processos enzimáticos, onde há quebra de moléculas complexas em outras mais simples, para a obtenção de energia por parte dos micro-organismos.

A biorremediação de compostos xenobióticos está diretamente relacionada com as condições ambientais do processo, como o pH, a temperatura, a concentração de oxigênio dissolvido e de nutrientes disponíveis. Além disso, esta técnica está sujeita a fatores biológicos, como a formação de subprodutos inibidores durante as reações de degradação e ao número e o tipo de micro-organismo presentes. Nestes processos a estrutura do composto químico e as propriedades do transporte celular também devem ser considerados (HARITASH, et al., 2009; ANDRADE, et al. 2010; PEREIRA e FREITAS, 2012).

Por exemplo, observa-se que a exposição à compostos fenólicos em concentrações maiores que 200 mg L<sup>-1</sup> acarreta em inibição microbiana. Sendo que, para concentrações maiores que 3000 mg L<sup>-1</sup> existe a completamente inviabilização dos microrganismos (MEDEL, et al., 2018).

A técnica de biorremediação pode ser associada à formação de biofilmes. Os biofilmes são agregados microbianos aderidos a superfícies, que vivem em conjunto dentro de uma matriz polimérica extracelular. Isto lhes conferem maior resistência as variações externas do ambiente, como temperatura, pH, concentrações de nutrientes e de agentes tóxicos (VON BOROWSKI, et al., 2018).

Outras vantagens possibilitadas pela formação de um biofilme são a maior concentração de biomassa; a coexistência da atividade metabólica anóxica e aeróbia dentro do mesmo ecossistema de biomassa; a aplicação de maior carga orgânica; a grande área de transferência de massa entre as fases (MASSALHA, et al., 2007).

O desenvolvimento de biofilmes em materiais inertes porosos se justifica pela ampla área superficial apresentada por estes materiais. Esta característica possibilita que materiais como o carvão ativado sejam altamente eficientes na fixação e estabilização de uma grande concentração de biomassa.

Levando tudo isso em consideração o objetivo geral deste trabalho foi realizar a biodegradação associada a formação de biofilme, em sistema de batelada do contaminante fenol.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Suporte para imobilização da biomassa

Como suporte para o crescimento microbiano utilizou-se carvão de casca de coco, ativado termicamente. O carvão passou por um processo de lavagem com água seguido por um processo de secagem, primeiro em estufa durante 2 horas, a 105-110 °C e posteriormente em forno mufla, por 4 horas, a 400 °C.

### 2.2 Inóculo microbiano

O inóculo microbiano foi obtido através da coleta de uma amostra procedente da estação de tratamento de efluentes de uma indústria de papel e celulose.

### 2.3 Sistema de Crescimento do biofilme

O crescimento do biofilme ocorreu em biorreatores em um sistema de batelada alimentada. Como suporte para o crescimento microbiano utilizou-se 40 g de carvão ativado. Os reatores contendo o carvão foram inoculados com 50 mL de efluente (lodo) e nutridos através de 230 mL de uma solução mineral, que continha macro e micronutrientes, além de uma solução tampão (pH  $\approx$  7,0).

O experimento foi conduzido a 150 rpm e temperatura de 25°C. A fonte de carbono e de minerais para crescimento e manutenção microbiana fundamentou-se no trabalho de Mello (2007), sendo feito o desenvolvimento do biofilme por um período de 4 meses.

### 2.4 Efluente sintético

O preparo do efluente sintético foi realizado utilizando o reagente Fenol (PA 99%), diluído em água destilada, nas concentrações de 50, 100 e 150 mg L<sup>-1</sup>, sendo o pH utilizado em todos os experimentos o natural da solução (6,0 a 7,0).

### 2.5 Metodologia Analítica

#### 2.5.1 Caracterização do Inóculo

Com o objetivo de conhecer as condições ambientais naturais do inóculo foram feitas análises de caracterização do efluente. Através de equipamentos de bancada determinou-se pH, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica. As concentrações de fenol, DQO e de sólidos suspensos e voláteis foram realizadas segundo as metodologias do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2005).

#### 2.5.2 Análise de Fenol

As concentrações de fenol das amostras avaliadas foram realizadas através do método fotométrico direto utilizando 4-aminoantipirina, de acordo com ABNT NBR 10740 (1989).

## 2.6 Procedimento Experimental

### 2.6.1 Cinética de Biodegradação em batelada

As cinéticas de biodegradação para o fenol, foram realizadas em ensaios em duplicata, sendo as análises de fenol em triplicata. Através de um sistema em batelada, sob agitação de 150 rpm, o primeiro ponto da cinética, considerado como o tempo 0, foi coletado logo após a adição do efluente sintético no biorreator. Os demais pontos da curva de biodegradação foram coletados a cada 1 hora. Durante a cinética houve o monitoramento de parâmetros como o pH, oxigênio dissolvido, além da concentração de fenol.

## 3 | RESULTADO E DISCUSSÕES

### 3.1 Caracterização físico-química do inóculo

Para verificar as condições do inóculo utilizado para o crescimento do biofilme foi realizada a caracterização físico-química do mesmo, apresentada na Tabela 1.

Parâmetros	Média
pH	7,1 ± 0,1
Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	4,1 ± 0,1
Condutividade (μS cm <sup>-1</sup> )	809,9± 2,2
Fenol (mg L <sup>-1</sup> )	108,3 ± 9,6
DQO (mg O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> )	113,3± 9,4
Sólidos Totais (mg L <sup>-1</sup> )	895,0± 12,5
Sólidos Suspensos Voláteis (mg L <sup>-1</sup> )	154,0 ± 12,4

Tabela 1 – Caracterização físico-química do inóculo obtido na estação de tratamento de efluentes (ETE) da indústria de papel e celulose

### 3.2 Cinética de biodegradação de fenol

Os ensaios cinéticos de biodegradação, em batelada de água residuária sintética contendo fenol, o biorreator foi submetido a três diferentes concentrações: 150 mg L<sup>-1</sup>, 100 mg L<sup>-1</sup> e 50 mg L<sup>-1</sup>, estas concentrações foram escolhidas com base em dados da literatura, visto que, concentrações maiores podem inibir o crescimento dos micro-organismos ou até mesmo ser letal (SANTOS & LINARDI, 2003; BERA *et al.*, 2017).

A Figura 1 abaixo apresenta a cinética de biodegradação do fenol nas diferentes

concentrações avaliadas.

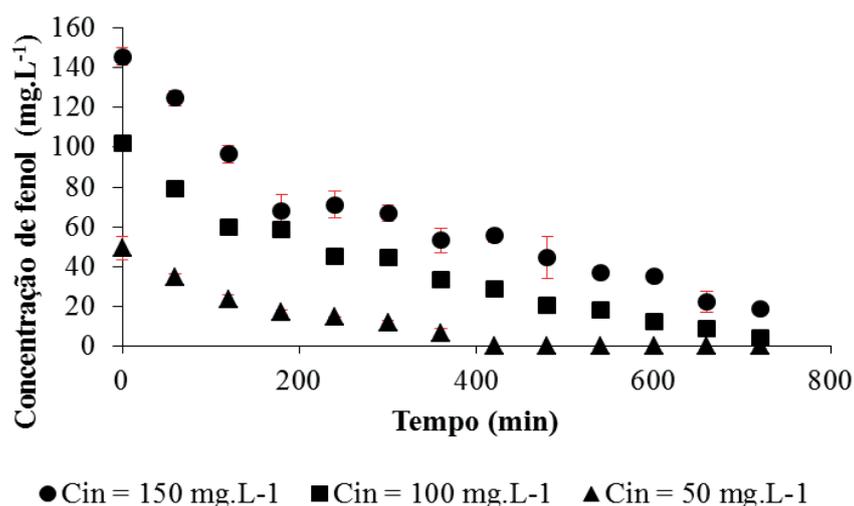


Figura 1- Cinética de biodegradação de fenol nas concentrações de 150, 100 e 50 mg L<sup>-1</sup>

Com base nos resultados obtidos, foi possível verificar que a biomassa foi capaz de degradar quantidades de fenol em diferentes concentrações iniciais. Os experimentos foram realizados em ensaios com duração de 22 horas (1420 minutos), porém no espaço de tempo de 720 minutos, houve um consumo de 87% do fenol pela biomassa na concentração de 150 mg L<sup>-1</sup>. Para as concentrações de 100 mg L<sup>-1</sup> e 50 mg L<sup>-1</sup> o substrato foi consumido 100% num espaço de tempo de 420 minutos e 720 minutos, respectivamente. Sendo assim ao final do período aproximado de 720 minutos, a concentração de fenol remanescente é aproximadamente zero para as concentrações de 50 mg L<sup>-1</sup> e 100 mg L<sup>-1</sup> e próximo de 20 mg L<sup>-1</sup> para maior concentração estudada de 150 mg L<sup>-1</sup>.

A velocidade de consumo do substrato até os primeiros 60 minutos ocorre a uma média de  $3,5 \times 10^{-1}$  mg L<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> para a concentração de 100 mg L<sup>-1</sup>, diminuindo à quinta parte após este tempo até consumo total em torno de 720 minutos. Para a concentração de 150 mg L<sup>-1</sup> o consumo do substrato nos primeiros 60 minutos ocorre numa velocidade média de  $4,3 \times 10^{-1}$  mg L<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, diminuindo à quarta parte após este tempo. Para as maiores concentrações estudadas, percebe-se que em 800 minutos não houve um equilíbrio, necessitando assim de maior tempo de cinética para total biodegradação do fenol.

Para concentração de 50 mg L<sup>-1</sup> a velocidade de consumo do substrato até 120 minutos ocorre a um valor médio de  $4,3 \times 10^{-1}$  mg L<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>, chegando a consumir a metade do substrato antes dos 300 minutos. Após este período ocorre uma desaceleração na velocidade de consumo ( $8,5 \times 10^{-2}$  mg L<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>) até se chegar ao consumo total do contaminante.

A Tabela 2 apresenta um resumo dos valores experimentais obtidos na cinética de biodegradação do fenol em biorreator de agitação orbital em diferentes concentrações iniciais consideradas.

Observou-se que no início do processo existe uma maior concentração de substrato a qual é consumida numa maior velocidade. À medida que a concentração de substrato diminui a velocidade de degradação tende a diminuir, indicando que a velocidade de degradação é proporcional à concentração do substrato (YANG & HUMPHREY, 1975).

Concentração	Biodegradação (%)	Tempo (min)	Velocidade (mg L <sup>-1</sup> .min. <sup>-1</sup> )
150 mg L <sup>-1</sup>	87	720	4,3x10 <sup>-1</sup> (entre 0 e 120 min) <sup>a</sup>
			8,5x10 <sup>-2</sup> (entre 120 e 720 min)
100 mg L <sup>-1</sup>	100	720	3,5x10 <sup>-1</sup> (entre 0 e 60 min)
			8,3X10 <sup>-2</sup> (entre 60 e 720 min)
50 mg L <sup>-1</sup>	100	420	4,3x10 <sup>-1</sup> (entre 0 e 120 min)
			8,5x10 <sup>-2</sup> (entre 120 e 420min) <sup>b</sup>

Tabela 2 – Velocidades de biodegradação do fenol em diferentes concentrações iniciais obtidas através do estudo cinético

<sup>a</sup> Consumo de 34% em 180 minutos;

<sup>b</sup> Em 300 minutos 50% do substrato foi consumido.

## 4 | CONCLUSÕES

Através deste trabalho foi possível concluir que o uso de biofilme suportado em carvão ativado foi efetivo no processo de biodegradação do efluente sintético contendo fenol, sendo que a remoção dependente da concentração do contaminante avaliada.

## 5 | AUTORIZAÇÕES/RECONHECIMENTO

Ao submeter o trabalho, os autores tornam-se responsáveis por todo o conteúdo da obra.

## REFERÊNCIAS

ALI, M.; SREEKRISHNAN, T. R. Aquatic toxicity from pulp and paper mill effluents: a review. **Advances in Environmental Research**, v. 5, p. 175-196, 2001.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21<sup>th</sup> ed., Washington: APHA/AWWA/ WEF, 2005.

ANDRADE, J. A.; AUGUSTO, F.; JARDIM, I. C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclét. Quím.**, v. 35, p. 17-43 2010.

BERA, S.; ROY, A. S.; MOHANTY, K. Biodegradation of phenol by a native mixed bacterial culture isolated from crude oil contaminated site. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 121, p. 107-113, 2017.

BRASIL. **Resolução nº 357**, de 2005. Disponível em: <[http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO\\_CONAMA\\_n\\_357.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf)>. Acesso em: out 2018.

BRASIL. **Resolução nº 430**, de 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: out 2018.

BRINK, A.; SHERIDAN, C. M.; HARDING, K. G. kinetic study of a mesophilic aerobic moving bed biofilm reactor (MBBR) treating paper and pulp mill effluents: The impact of phenols on biodegradation rates. **Journal of Water Process Engineering**, v. 19, p. 35-41, 2017.

CHRAIBI, S.; MOUSSOUT, H.; BOUKHLIFI, F.; AHLAFI, H.; ALAMI, M. Utilization of Calcined Eggshell Waste as an Adsorbent for the Removal of Phenol from Aqueous Solution. **Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences**, v. 06, n. 04, p. 132–146, 2016.

EL-NAAS, M. H.; AL-ZUHAIR, S.; ALHAIJA, M. A. Removal of phenol from petroleum refinery wastewater through adsorption on date-pit activated carbon. **Chemical Engineering Journal**, v. 162, n. 3, p. 997–1005, 2010.

HARITASH, A. K.; KAUSHIK, C.P. Biodegradation aspects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): A review. **Journal of Hazardous Materials**, v. 169, p. 1-15, 2009.

HUSSAIN, Z.; ARSLAN, M.; MALIK, M. H.; MOHSIN, M.; IQBAL, S.; AFZAL, M. Treatment of the textile industry effluent in a pilot-scale vertical flow constructed wetland system augmented with bacterial endophytes. **Science of the Total Environment**, v. 645, p. 966–973, 2018.

MASSALHA, N.; BASHERR, S.; SABBAH, I. Effect of adsorption and bead size of immobilized biomass on the rate of biodegradation of phenol at high concentration levels. **Industrial and Engineering Chemical Research**. v.46, n.21, 2007.

MICHAŁOWICZ, J.; DUDA, W. Phenols - Sources and toxicity. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 16, n. 3, p. 347–362, 2007.

MEDEL, A.; LUGO, F.; MEAS, Y. Application of Electrochemical Processes for Treating Effluents From Hydrocarbon Industries. **Electrochemical Water and Wastewater Treatment**, p. 365-392, 2018.

MELLO, J. M. M. **Biodegradação dos compostos BTEX em um reator com biofilme**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

NIMKAR, Uilhas. Sustainable chemistry: A solution to the textile industry in a developing world. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, p. 13–17, 2018.

PATEL, A.; ARORA, N.; PRUTHI, V.; PRUTHI, P. A. Biological treatment of pulp and paper industry effluent by oleaginous yeast integrated with production of biodiesel as sustainable transportation fuel. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 2858-2864, 2017.

PEREIRA, A. R. B.; FREITAS, D. A. F. Uso de microorganismos para a biorremediação de ambientes impactados. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.6, p. 975 – 1006, 2012.

SANTOS, V.L.; LINARDI, V.R. Biodegradation of phenol by a filamentous fungi isolated from industrial effluents – identification and degradation potential. **Process biochemistry**, p. 1-7, 2013.

VALH, J. V.; LE MARECHAL, A. M.; JERIC, T.; SIMON, E. **Water in the Textile Industry**. Elsevier B.V., p. 685-703, 2011.

VON BOROWSKI, R. G.; MACEDO, A. J.; GNOATTO, S. C. B. Peptides as a strategy against biofilm-forming microorganisms: Structure-activity relationship perspectives. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 114, n. July 2017, p. 114–137, 2018.

YANG, R. D.; HUMPHREY, A E. Dynamic and steady state studies of phenol biodegradation in pure and mixed cultures. **Biotechnology and bioengineering**. v. XVII, 1211-1235, 1975.

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

