



Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

Engenharia  
Ambiental e Sanitária:  
Interfaces do Conhecimento 2

**Atena**  
Editora

Ano 2019

Helenton Carlos da Silva  
(Organizador)

Engenharia Ambiental e Sanitária:  
Interfaces do Conhecimento 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



### Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>Engenharia ambiental e sanitária [recurso eletrônico] : interfaces do conhecimento 2 / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Engenharia Ambiental e Sanitária. Interfaces do Conhecimento; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-694-2 DOI 10.22533/at.ed.942190910</p> <p>1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 628.362</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br



## APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia Ambiental e Sanitária Interfaces do Conhecimento*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu II volume, apresenta, em seus 31 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia ambiental e sanitária, tendo como base suas diversas interfaces do conhecimento.

Entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface com o de recursos hídricos, o setor de saneamento.

A questão das interfaces entre saneamento e recursos hídricos coloca-se no saneamento como usuário de água e como instrumento de controle de poluição, em consequência, de preservação dos recursos hídricos.

Estas interfaces, como linhas integradas prioritárias de pesquisa, relacionam-se ao desenvolvimento e a inovação, seja de caráter científico e tecnológico, entre as áreas de recursos hídricos, saneamento, meio ambiente e saúde pública.

Dentro deste contexto podemos destacar que o saneamento básico é envolto de muita complexidade, na área da engenharia ambiental e sanitária, pois muitas vezes é visto a partir dos seus fins, e não exclusivamente dos meios necessários para atingir os objetivos almejados.

Neste contexto, abrem-se diversas opções que necessitam de abordagens disciplinares, abrangendo um importante conjunto de áreas de conhecimento, desde as ciências humanas até as ciências da saúde, obviamente transitando pelas tecnologias e pelas ciências sociais aplicadas. Se o objeto saneamento básico encontra-se na interseção entre o ambiente, o ser humano e as técnicas podem ser facilmente traçados distintos percursos multidisciplinares, potencialmente enriquecedores para a sua compreensão.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados a estas diversas interfaces do conhecimento da engenharia ambiental e sanitária. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO: EXPERIÊNCIAS E COMPREENSÕES PARA SEU ACOMPANHAMENTO E ATUALIZAÇÃO	
Marcelo Seleme Matias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909101</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>17</b>
AS CARAVANAS DE SANEAMENTO NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO: FORMA DE DIÁLOGO DE SABERES E DE CAPACITAÇÃO PARA O PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO	
Luiz Roberto Santos Moraes	
Luciana Espinheira da Costa Khoury	
Ilka Vlaida Almeida Valadão	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909102</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>29</b>
AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE PROJEÇÃO POPULACIONAL PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE SANEAMENTO BÁSICO EM BELÉM DO PARÁ	
Giovanni Chaves Penner	
Laércio dos Santos Rosa Junior	
Ana Gabriela Santos Dias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909103</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
ESTIMATIVA DE POTENCIAL HÍDRICO SUBTERRÂNEO NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO PARANÁ	
Maurício Marchand Krüger	
Cláudio Marchand Krüger	
Rodrigo Pinheiro Pacheco	
Marcos Cesar Santos da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909104</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
ESTRATÉGIAS INSTITUCIONAIS E REGULATÓRIAS PARA ENFRENTAMENTO DA CRISE HÍDRICA NO ESTADO DE SÃO PAULO	
Ester Feche Guimarães	
Marcel Costa Sanches	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909105</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>61</b>
PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS: DO CONCEITO À PRÁTICA, UMA ÊNFASE NO SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DA BAHIA	
Renavan Andrade Sobrinho	
Abelardo de Oliveira Filho	
Cristiane Sandes Tosta	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909106</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>74</b>
ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA DE POÇOS SEDIMENTADOS NAS COMUNIDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	
Maria Cristina Scarpari Juliana Ninov Márcia Antonia Bartolomeu Agustini Fabio Orssatto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909107</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>92</b>
CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CLARIFICADA PROVENIENTE DO TRATAMENTO DO RESÍDUO DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM CICLO COMPLETO	
Isadora Alves Lovo Ismail Angela Di Bernardo Dantas Luiz Di Bernardo Cristina Filomêna Pereira Rosa Paschoalato Mateus Ancheschi Roveda Guimarães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909108</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>105</b>
PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUA DE TORRE DE RESFRIAMENTO VISANDO REÚSO	
Nathalia Oliveira dos Santos Lídia Yokoyama Vanessa Reich de Oliveira Gabriel Travagini Ribeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9421909109</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>118</b>
PRÉ-TRATAMENTO DE ÁGUA DO MAR AO SISTEMA DE OSMOSE INVERSA EM USINAS TERMELÉTRICAS	
Luciano Dias Xavier Lídia Yokoyama Vanessa Reich de Oliveira Gabriel Travagini Ribeiro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091010</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>131</b>
QUALIDADE DAS ÁGUAS DO PARQUE LAGOAS DO NORTE, TERESINA-PI	
Rafael Diego Barbosa Soares Carlos Ernando da Silva Ronne Wesley Lopes da Cruz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091011</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>141</b>
CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTO AMARO, ESTADO DO ESPÍRITO SANTO	
Caio Henrique Ungarato Fiorese Herbert Torres Gilson Silva Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091012</b>	



<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>156</b>
CONTROLE DE ENCHENTES E A ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA EM BLUMENAU, SC, BRASIL	
Raphael Franco do Amaral Tafner	
Roberto Righi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091013</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>168</b>
APLICAÇÃO DE TETO JARDIM RESIDENCIAL NA REDUÇÃO DE ALAGAMENTO URBANO	
Raquel da Silva Pinto	
Camila de Fátima Lustosa	
Gabriele Sabbadine	
André Augusto Gutierrez Fernandes Beati	
Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena	
Luciane de Souza Oliveira Valentim	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091014</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>180</b>
DESENVOLVIMENTO DE GEOPOLÍMEROS COM A INCORPORAÇÃO DO LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA	
Matheus Rossetto	
Luciano Senff	
Simone Malutta	
Rubia Lana Britenbach Meert	
Bruno Borges Gentil	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091015</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>194</b>
BENCHMARKING DE DESEMPENHO ENTRE OPERADORAS DE ÁGUA E ESGOTO EM NÍVEL DE BACIA HIDROGRÁFICA	
Tiago Balieiro Cetrulo	
Aline Doria de Santi	
Rui Domingos Ribeiro da Cunha Marques	
Tadeu Fabrício Malheiros	
Natália Molina Cetrulo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091016</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>203</b>
ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA EM EFLUENTES SIMULADOS DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	
Micheli Tutumi de Araujo	
Alexandre Saron	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091017</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>218</b>
ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA COMO ÁGUA DE AMASSAMENTO PARA CONCRETO	
André Schramm Brandão	
Ênio Pontes de Deus	
Antônio Eduardo Bezerra Cabral	
Wyoskynaria Mihaly Maia da Silva	
Francisco Altanízio Batista de Castro Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091018</b>	

<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>231</b>
APLICAÇÃO DO MÉTODO ESTATÍSTICO DCCR NA REMOÇÃO DE CORANTES EM EFLUENTE TÊXTIL POR PROCESSO DE ELETROCOAGULAÇÃO	
Fabíola Tomassoni Elisângela Edila Schneider Cristiane Lisboa Giroletti Maria Eliza Nagel-Hassemer Flávio Rubens Lapolli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091019</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>244</b>
DESAGUAMENTO E HIGIENIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO UTILIZANDO ESTUFA AGRÍCOLA SOBRE LEITOS DE SECAGEM	
Juliana Guasti Lozer Ricardo Franci Gonçalves Vinícius Mattos Fabris	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091020</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>254</b>
DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO DE CADASTRAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE CONTAMINADAS PELA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	
Renato Ribeiro Siman Hugo de Oliveira Fagundes Larissa Pereira Miranda Luciana Harue Yamane	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091021</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>267</b>
ENZIMAS LIGNINOLÍTICAS DE <i>Trametes sp.</i> NA REMEDIAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS GERADOS DURANTE TRATAMENTO DE EFLUENTE KRAFT EM LAGOAS AERADAS FACULTATIVAS	
Eliane Perreira Machado Gustavo Henrique Couto Aline Cristine Hermann Bonato Camila Peitz Claudia Regina Xavier	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091022</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>276</b>
ESTUDO COMPARATIVO DA SECAGEM NATURAL DE LODOS DE ETEs SUBMETIDOS AO PROCESSO DE CENTRIFUGAÇÃO	
Sara Rachel Orsi Moretto Walmor Cardoso Godoi Sebastião Ribeiro Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091023</b>	

<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>287</b>
ESTUDO DA AÇÃO DE CONSÓRCIOS MICROBIANOS NA REMEDIAÇÃO DE ÁGUAS CONTAMINADAS	
<p>Viviane Nascimento da Silva e Sá  Fabiana Valéria da Fonseca  Leila Yone Reznik  Tito Lívio Moitinho Alves</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091024</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>300</b>
ESTUDO DO ACÚMULO DE NITRITO EM REATOR SEQUENCIAL EM BATELADA VISANDO A REMOÇÃO DE NITROGÊNIO PELA VIA CURTA	
<p>Ajadir Fazolo  Alisson Luiz Boeing  Kátia Valéria Marques Cardoso Prates  Paulo Henrique Mazieiro Pohlmann  Rafael Coelho Ciciliato  Rafaella Oliveira Baracho</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091025</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>311</b>
GESTÃO DE MICROPOLUENTES EM BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS: O CASO DO RIO BELÉM, CURITIBA, PARANÁ	
<p>Demian da Silveira Barcellos  Harry Alberto Bollmann</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091026</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>330</b>
II-032 AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO AGROPECUÁRIO DOS EFLUENTES DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DA EMBASA, SITUADAS NO SEMIÁRIDO BAIANO	
<p>Evanildo Pereira de Lima  Helder Guimarães Aragão</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091027</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>339</b>
IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REÚSO URBANO NÃO POTÁVEL EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
<p>Juliana Guasti Lozer  Victor Correia Faustini  Cinthia Gabriela de Freitas Ribeiro Vieira Reis  Nadja Lima Gorza  Renata Maia das Flores</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091028</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>351</b>
O REÚSO DA ÁGUA DE EFLUENTE NO PÓLO PETROQUÍMICO DE CAPUAVA – SÃO PAULO	
<p>Sâmia Rafaela Maracaípe Lima  Eduardo Ueslei de Souza Siqueira  Layse de Oliveira Portéglio  Mainara Generoso Faustino</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091029</b>	



<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>363</b>
PRODUÇÃO DE BIOMASSA MICROALGAL EM EFLUENTE SUCROALCOOLEIRO CLARIFICADO POR COAGULAÇÃO ELETROQUÍMICA	
Mauricio Daniel Montaña Saavedra Viktor Oswaldo Cárdenas Concha Reinaldo Gaspar Bastos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091030</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>379</b>
USO DE ESGOTOS TRATADOS NO NORDESTE DO BRASIL: POTENCIAIS E DESAFIOS	
Rafaela Ribeiro de Oliveira Yldeney Silva Domingos Luara Musse de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.94219091031</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>391</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>392</b>

## ESTUDO DA AÇÃO DE CONSÓRCIOS MICROBIANOS NA REMEDIAÇÃO DE ÁGUAS CONTAMINADAS

### **Viviane Nascimento da Silva e Sá**

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Cidade Universitária, Rio de Janeiro

### **Fabiana Valéria da Fonseca**

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Cidade Universitária, Rio de Janeiro

### **Leila Yone Reznik**

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Cidade Universitária, Rio de Janeiro

### **Tito Lívio Moitinho Alves**

Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE-PEQ,  
Cidade Universitária, Rio de Janeiro

**RESUMO:** O presente trabalho tem como objetivo investigar o potencial da ação de consórcios microbianos (CM) como uma aplicação para a redução de matéria orgânica em matrizes ambientais. O estudo foi conduzido em uma unidade de bancada durante 4 semanas e neste período foram avaliados o percentual de redução de matéria orgânica na corrente aquosa, a redução do volume de lodo e o efeito sobre corrosão de corpos de prova de aço carbono. Nas condições estudadas, houve destaque para o resultado obtido a amostra de efluente sanitário tratada por 10mL/L do CM, quando foi verificada a ação protetora contra a corrosão em cupons de aço carbono (AISI1020), obtendo-se resultados satisfatórios

quando da exposição destes por 1 semana com redução da taxa de corrosão em 60%. Para as amostras de lodo, o consórcio microbiano também mostrou-se promissor com redução de até 2,5 % do volume de lodo em 2 semanas. O efeito de redução não foi verificado sobre as concentrações de matéria orgânica na corrente aquosa, porém houve uma redução de 42% na concentração da matéria orgânica sobre o lodo. **PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de água, consórcios microbianos, redução do lodo, biofilme, corrosão.

### STUDY OF THE ACTION OF MICROBIAL CONSORTIUM ON THE REMEDIATION OF CONTAMINATED WATER

**ABSTRACT:**The present work aims to investigate the action potential of microbial consortia (CM) as an application for the reduction of organic matter in environmental matrices. The study was conducted in a bench unit for 4 weeks and during this period the percentage of organic matter reduction in the water stream, the sludge volume reduction and the corrosion effect of carbon steel specimens were evaluated. Under the conditions studied, the result obtained was the sanitary effluent sample treated by 10mL/L of the CM, when the protective action against corrosion in carbon steel coupons (AISI1020)

was verified, obtaining satisfactory results when exposure for 1 week with 60% reduction of corrosion rate. For the sludge samples, the microbial consortium was also promising with a reduction of up to 2.5% of the sludge volume in 2 weeks. The reduction effect was not verified on the organic matter concentrations in the water stream, but there was a 42% reduction in the organic matter concentration on the sludge.

**KEYWORDS:** water treatment, microbial consortial, sludge reduction, biofilm, corrosion

## 1 | INTRODUÇÃO

A recuperação de ambientes degradados por rejeitos industriais e urbanos utilizando microrganismos como catalisadores têm sido amplamente estudadas (WAITE C., SILVA G., BITENCOURT J., SABADINI-SANTOS E. , CRAPEZ, 2016). Embora processos físico-químicos de tratamento possam ser empregados com certa eficiência, o uso de processos biológicos muitas vezes é mais indicado devido à maior capacidade de assimilação de variados compostos químicos presentes nos efluentes por parte da diversidade microbiana presente neste tratamento, sendo esta uma grande vantagem (VAN LOOSDRECHT; SALEM, 2006).

Muitos desses consórcios microbianos são obtidos através de técnicas de enriquecimento de microrganismos a partir de amostras de solo de locais preservados da natureza. O produto final, também conhecido como Microrganismos Efetivos (ME), integra um consórcio de bactérias lácticas, bactérias fotossintetizantes, leveduras entre outros microrganismos encontrados no solo, sendo desenvolvido com a finalidade de proporcionar a revitalização de solos através da sua inoculação nestes. Tem havido grande sucesso na aplicação de ME em sistemas sépticos, lagoas e sistemas de lodos ativados, reduzindo indicadores de qualidade de água como DBO, COD, TSS, odor de esgoto, coliformes, etc (SHANKA, B., MATHEW, W., AND PETER, 2002).

Estudos anteriores mostram que, apesar de ter sua ação estabelecida em diversas matrizes ambientais, os resultados obtidos são distintos. Esse desempenho divergente demonstra ainda a necessidade de estudos que visem complementar a compreensão sobre a ação do produto, pois a associação do ME como tratamento complementar deve estar delimitada por estudos conclusivos. No que diz respeito aos trabalhos anteriores, Lokare, et al (2007) citam a importância da confiabilidade sobre os dados gerados em pesquisas sobre o ME e os resultados apresentados na Tabela 1 reforçam a importância dessas pesquisas quanto a comparação desses estudos para a viabilidade do uso



Matriz	Resultados	Referência
Águas residuárias (aquicultura)	Redução do Fósforo (99%), redução na amônia (97%) Após 1 semana, houve aumento dos parâmetros fosforo e amônia, devido à liberação do teor de nutrientes absorvidos da biomassa microbiana à medida que o ME entrou na fase estacionária devido à depleção do substrato para sustentar o seu crescimento.	(LANANAN et al., 2014)the relationship between both bioremediators especially in term of nutrient reduction had not been studied thoroughly in enclosed treatment system. Bioremediation of either Effective Microorganisms (EM
Águas residuárias (tratamento de efluentes)	Sem efeito sobre a redução do volume de lodo (expresso em sólidos suspensos) apesar de apresentar flutuações ao longo do tratamento	(SZYMANSKI; PATTERSON, 2003) with the benefits of reduced sludge handling, and consequently lower costs and decreased impacts upon the environment. This project aimed to test the hypothesis that EM is beneficial in reducing sludge volumes. Two areas of experimentation were undertaken, one at a controlled experiment at the Coffs Harbour Wastewater Treatment Plant (CHWTP
Águas residuárias (tratamento de efluentes)	Eficiência de remoção de 83,5%, 91,5% e 96,0% de TSS, DQO e DBO	(KARAMANY et al., 2013)
Água de abastecimento (Malásia)	Supressão de patogênicos e eliminação de odores	(ZAKARIA; GAIROLA; SHARIFF, 2010)pollutant impurities that impede adequate supply of water have a detrimental effect on the quality and harmful for living organisms including aquatic life. For the reduction of water pollution level, various chemical and biological treatments are available but the emergence of an amazing technology of a multiculture of anaerobic and aerobic beneficial microorganisms is presently gaining popularity due to its environmentally friendly nature. This effective microorganism (EM
Resíduos Bovinos	Diminuição dos valores DQO em 79% e Sólidos Totais em 42%	(BATISTA, 2014)
Águas residuárias	Redução de HPA de 70% em lodo de águas residuais lácteas e 65,7% em lodos mistos. Aumento de 280% para lodos de flotação	(BORUSZKO, 2017)
Águas superficiais (lagos eutrofizados)	Efeito somente em altas concentrações, no entanto com o aumento da dosagem, houve redução da concentração de O.D	(LURLING; TOLMAN; VAN OOSTERHOUT, 2010)the ability of \”Effective Microorganisms (EM, in the form of mudballs or Bokashi-balls
Águas cinzas	As taxas de remoção atingiram 98,1, 91,1, 96,1 e 96,2% para o TSS, COD, BOD5 e óleos e graxas, respectivamente	(ABDEL-SHAFY; MANSOUR, 2016)

Tabela 1- Uso do ME associado a diferentes matrizes ambientais

Considerando que no tratamento de efluentes convencional os microrganismos não são totalmente removidos, a alta concentração microbiana presente nos efluentes aumenta a potencialidade da corrosão induzida por microrganismos (CIM), o que

pode comprometer a integridade da superfície metálica favorecendo a formação de ambiente corrosivo nos equipamentos e tubulações de estações de tratamento, causando diversos prejuízos em função da ruptura e consequente vazamento de esgotos (ALBUQUERQUE; NEVES, 2014; SCHUMERTH, 2006).

A CIM ocorre na presença de biofilmes que são capazes de modificar as condições químicas na superfície metálica e criar mudanças locais no tipo e na taxa das reações eletroquímicas envolvidas no processo de corrosão. Mas nem todos os biofilmes induzem a corrosão e nem sempre é possível relacionar os processos corrosivos a consórcios bacterianos ou ao número de bactérias (D. THIERRY, 1997).

No caso dos sistemas de tratamento de efluentes secundários, não é previsto a dosagem de agentes antimicrobianos após a finalização desta etapa. Logo, a presença remanescente dos microrganismos pode promover uma atividade indesejável microbiana como a corrosão das tubulações de transporte de efluentes (MADIGAN, et al., 2010). O efeito de microrganismos seja sobre o aumento ou a diminuição da corrosão ocorre em superfícies colonizadas na presença de biofilmes (JUZELIUNAS et al., 2006). Neste ponto a dosagem de ME pode ser uma opção promissora complementar ao tratamento, uma vez que são apresentados por outros autores (BORUSZKO; BUTAREWICZ, 2015; HIGA; WIDIDANA, 1991; SAMPAOTONG, et al., 2016) sua atividade antimicrobiana sobre outros microrganismos.

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a aplicação de um consórcio microbiano, visando a biorremediação das amostras estudadas, neste caso: amostras de águas superficiais marinhas e lodo de praias próximas à Ilha do Fundão na Baía de Guanabara, com características que permitam a autodepuração ambiental, bem como a avaliação desta aplicação na presença de corpos de prova em ensaios de corrosão, como escolha de uma ferramenta auxiliar no tratamento de efluentes.

## **2 | MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Coleta de amostras**

As amostras aquosas e de lodo foram coletadas na Baía de Guanabara, região próxima a Ilha do Fundão, na cidade do Rio de Janeiro. Os experimentos foram conduzidos no Labtare - (Laboratório de Reuso de Águas e Efluentes) - Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

### **2.2 Caracterização das amostras**

A Tabela 2 apresenta os parâmetros e métodos utilizados na caracterização das correntes coletadas antes e após o experimento.

Parâmetros	Amostra	Técnica analítica	Unidade
pH	Água / Efluente	Direto, Potenciométrico	-----
OD	Água / Efluente	Direto, Potenciométrico	mg/L
Condutividade	Água	Direto, Potenciométrico	mS/cm
DQO	Água	Standard Methods, refluxo fechado	mg/L
Matéria orgânica	Sedimentos	Massa seca	%
Nitrogênio Amoniacal	Água	Standard Methods, eletrodo seletivo	mg/L
Fosfato	Água	Standard Methods, Kit Hach	mg/L
Taxa de corrosão	Efluente	Gravimétrico	mm/ano

Tabela 2 - Caracterização das correntes estudadas – corrente aquosa e fase sólida

### 2.3 Análises preliminares

Foi realizada uma etapa de avaliação da redução do volume de sedimento, com uma dosagem fixa de ME (10mL/L). Nesta fase foi avaliada a taxa de corrosão em corpos de prova de aço de carbono AISI1020. Para o estudo de degradação da matéria orgânica no sedimento foram utilizadas amostras de lodo e para o estudo de corrosão foi utilizada amostra da corrente aquosa.

### 2.4 Ativação do consórcio microbiano

O ME foi adquirido em estado de dormência e foi ativado conforme indicação do fabricante (90% de água 5% de melado de cana e 5% de ME) e foi cultivado a 30 °C em estufa bacteriológica (Quimis). Para acompanhamento do crescimento celular foi realizada a leitura de absorbância (600 nm) em espectrofotômetro (agilent/8453) e a análise de peso seco. Foi acompanhado também a variação de pH neste período.

### 2.5 Avaliação da redução do volume de sedimento

Em uma proveta com capacidade de 250 mL foram adicionados os sedimentos oriundos de dois pontos distintos da Baía de Guanabara. Foram dosados 10 mL/L de ME, misturados com bastão de vidro e deixados em repouso por 2 semanas para avaliação da redução do volume de sedimento.

### 2.6 Análise do teor de matéria orgânica no sedimento

Após 4 semanas do ensaio foram retiradas alíquotas de 100 g do sedimento e pesadas 15 g em balança analítica digital GEHAKA AG-200, para determinação do teor de matéria orgânica. A determinação do teor de matéria orgânica foi realizada de acordo com o método citado por Silva (2012), que estabelece a determinação da matéria orgânica por oxidação a quente com o cálculo através da perda de massa. A determinação do teor de matéria orgânica foi realizada em razão da perda de massa em função das variações de temperaturas utilizadas no teste (105 °C e 550°C).

Utilizando-se a Equação 1:

$$MO\% = (P - (T - C) \times \frac{100}{P}) \quad \text{Equação 1}$$

Onde: P= peso da amostra (g), após 105 °C C= tara do Cadinho (g) T= peso (g), após 550°C

## 2.7 Montagem do aparato experimental

Para avaliação da ação biorremediadora na fase aquosa, foram montados 4 experimentos (controle, dosagens de ME 0,5, 1,0 e 2,0 mL/L) em um recipiente plástico com capacidade de 14 L com camadas intercaladas de areia (1 cm), sedimento (1,5 cm) e 7,0 L de água. Este sistema permaneceu em estabilização por 24 horas. Após este tempo, um compartimento contendo mais 2,0 L de água foi utilizado a fim de manter uma circulação contínua do fluxo, com bomba submersa (mini C - Sarlobetter) numa taxa média de 1,0 L/hora. Todas as medições e dosagem de produto foram realizadas neste compartimento, a fim de evitar perturbações nos compartimentos-teste. A Figura 1 indica o esquema experimental:

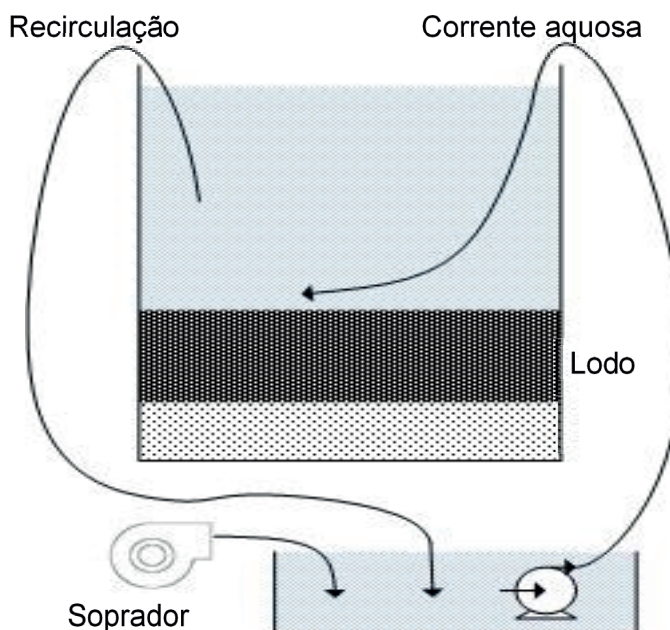


Figura 1- Esquema do teste de bancada – Primeira camada: Areia; Segunda camada: Lodo; Terceira camada: Água. Tempo total do experimento: 4 semanas.

## 2.8 Montagem e realização do ensaio de corrosão

O estudo de corrosão da água tratada com o ME foi realizado com 4 amostras de aço carbono AISI 1020 que foram previamente preparadas conforme Norma ASTM G31 (ASTM, 2003a) submetidos ao processo de imersão total, em temperatura ambiente. Foram montadas 2 condições experimentais com 4 cupons de aço carbono

cada. A primeira condição consistiu em submergir 4 corpos de prova no efluente sem ME e na segunda condição foi adicionado uma dosagem única de ME na concentração 10 mL/L no primeiro dia de experimento e após 168 horas foi determinada a taxa de corrosão por perda de massa. Ao término do ensaio, 3 dos corpos de prova foram retirados e o produto de corrosão foi removido seguindo o método de limpeza química descrito na norma ASTM (ASTM, 2003b) e procedeu-se a limpeza mecânica seguida de decapagem com Solução de Clark. O 4º corpo de prova foi removido e reservado para análise de MEV (microscopia eletrônica de varredura). Foi realizado então o cálculo da taxa de corrosão por perda de massa, que utilizou a Equação 2:

$$T_c = \frac{8,76 \times 10^4 \times \Delta m}{A \times t \times d} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:  $\Delta m$  = perda de massa expressa em g;  $T_c$  = taxa de corrosão expressa em  $\mu\text{m}/\text{ano}$ ;  $d$  = densidade do corpo-de-prova expressa em  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;  $A$  = área do corpo-de-prova expressa em  $\text{cm}^2$ ;  $t$  = tempo do ensaio expresso em ano.

## 3 | RESULTADOS

### 3.1 Análise de pH, Oxigênio Dissolvido e Condutividade

Durante as 4 semanas de experimento foi verificado que na presença do ME, foi verificado que houve uma evolução dos valores de pH nas três condições de dosagem, isto pode ter acontecido pelo processo de nitrificação, pois em pH neutro a amônia encontra-se sobre a forma de íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e com o leve aumento de pH pode favorecer o deslocamento da reação para formação da amônia ( $\text{NH}_3^+$ ). Asano (2007) também cita que esta reação favorece a alcalinidade do processo. Quanto a concentração oxigênio dissolvido, houve um aumento mais acentuado, especialmente observada nas condições de dosagem (0,5; 1,0 e 2,0 mL/L) com valor médio inicial de 1,8 e evoluindo até média 3,4 (Figura 3B) que corrobora que após a oxidação do nitrogênio amoniacal (Figura 4B), o consumo de oxigênio é menor. Todos os valores de condutividade apresentaram valores mais elevados ao fim do experimento mesmo na condição controle (Figura 3C), isto pode ter acontecido, devido a alguma perda de água por retirada das alíquotas para análise ou por evaporação, favorecendo o aumento da concentração de íons presentes no sistema. Os valores iniciais foram em média de 29,1 ms/cm para as condições controle e e 27, 2 ms/cm para as condições 1,0 mL/L e 2,0 mL/L, finalizando com valores médios de 32,3 ms/cm para as condições controle, 0,5 e 1,0 mL/L e para a condição 2,0 mL/L, 33,17ms/cm.

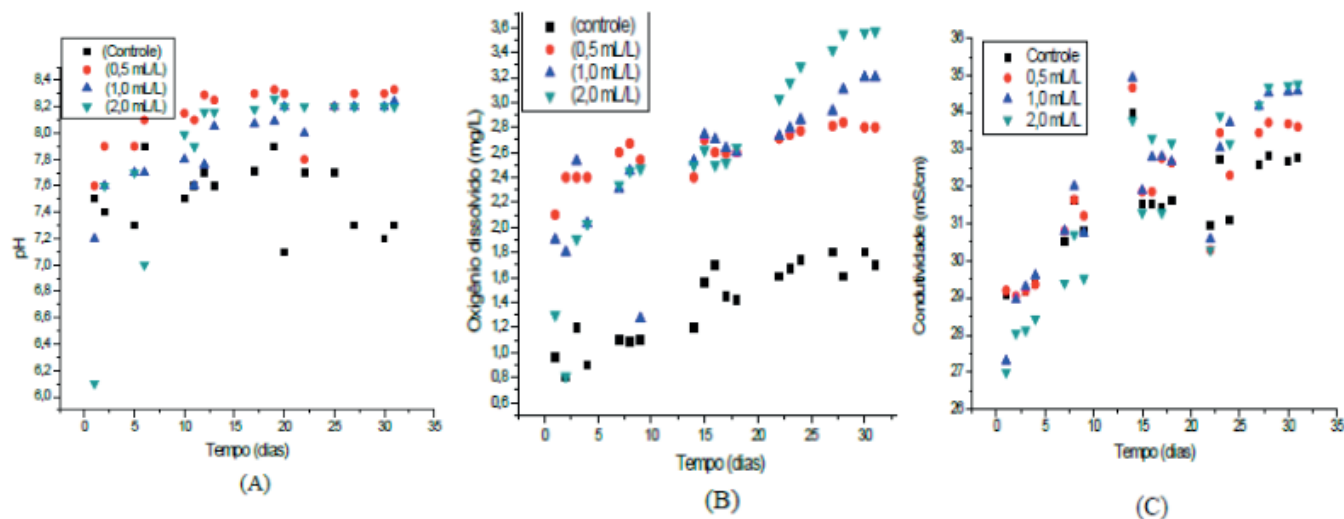


Figura 3- Acompanhamento de pH (A), Oxigênio Dissolvido(B) e Condutividade (C)

### 3.2 Análise de DQO e Nitrogênio Amoniacal

Na avaliação de DQO, a primeira semana reflete que em função do aumento da concentração de ME, foi observado o aumento do valor da matéria orgânica (141,42; 142,52; 155,6; 157,67 mg/L). Foi verificado um leve aumento de DQO (Figura 4A) para todas condições estudadas, isto pode ter sido devido à natureza cada vez mais facilmente oxidável de decomposição do material na fase sólida que pode ter sido liberada deste compartimento para a fase líquida, com reflexo maior nas maiores concentrações da dosagem do produto. Para o Nitrogênio Amoniacal na primeira semana houve uma redução dos valores quando comparando ao teste controle (27,69; 15,94; 18,99; 13,76 mg/L de  $\text{NH}_3\text{-NH}$ ), na segunda e terceira semanas essa tendência se manteve indicando que houve uma melhora na redução deste parâmetro por ação do ME. Na quarta semana, os valores seguiram nesta tendência, exceto para a 2a condição de dosagem, mas para a primeira e terceira condição, essa tendência permaneceu (1,55; 0,92; 9,94; 0,8 mg/L de  $\text{NH}_3\text{-NH}$ ) (Figura 4B). Este comportamento pode estar relacionado com o processo de nitrificação que ocorre pela ação microbiana, quando há consumo de amônio, sob condições aeróbias. Embora não tenham sido monitoradas outras formas de nitrogênio, é possível através da avaliação da Figura 4B constatar que houve uma redução do nitrogênio amoniacal assim como a elevação do pH e OD verificados nas Figura 3A e Figura 3B.



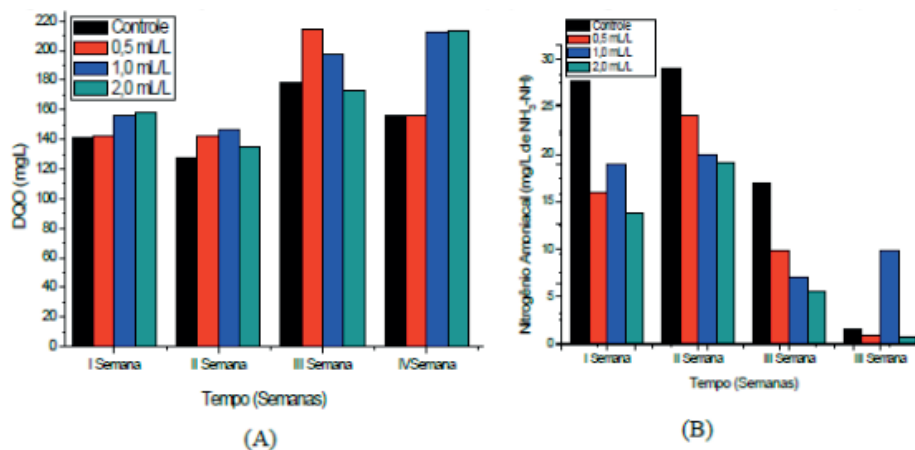


Figura 4- Acompanhamento de DCO (A); Nitrogênio Amoniacoal (B)

### 3.3 Avaliação da redução do volume de sedimento

Com os sedimentos da Baía de Guanabara de dois pontos diferentes, foi observado que em aproximadamente 2 semanas, o ME favoreceu a degradação do sedimento, reduzindo volume inicial do primeiro dia que foi de 250 mL. Foi observado que no 6º sexto dia já houve uma redução de volume de 2,12% e 12º dia uma redução de 2,48%.

### 3.4 Análise da concentração de matéria orgânica no sedimento

O teor de matéria orgânica no sedimento foi determinado através da estimativa de perda de massa por ignição (gravimetria). Os valores apresentaram variação entre 9,55% e 16,68%. A condição de dosagem de 1,0 mL/L favoreceu a redução de 42,74% de matéria orgânica quando comparada a condição controle.

A associação entre matéria orgânica e a granulometria do sedimento está diretamente relacionada. Carmo & Silva (2012) encontraram uma variação de matéria orgânica na Baía de Guanabara de 0,59 até 8,4%, enquanto os valores apresentados por Catanzaro et al., (2004) variaram entre 4 e 6%. O trabalho de Barbosa et al., (2004) apresentou cerca de 15 a 27% de matéria orgânica, no canal da Ilha do Fundão. Essas referências indicam perfis variados de matéria orgânica de um modo geral em função da granulometria.

### 3.5 Determinação da taxa de corrosão

A perda de massa foi avaliada para as seguintes condições: efluente tratado na ausência e na presença do ME. O valor médio da taxa de corrosão em (mm/ano) para o efluente tratado com ME foi de  $0,024 \pm 0,010$  mm/ano e para o efluente tratado sem ME foi de  $0,040 \pm 0,004$  mm/ano. Foi verificado que houve redução na taxa de corrosão da classificação de moderada para baixa, de acordo com a classificação da NACE RP-07-75. Os resultados indicam que a amostras que foram submetidas ao ensaio na presença do ME apresentaram uma taxa de corrosão menores do que na ausência do ME, com uma diferença de 60%.

### 3.6 Avaliação da superfície metálica por MEV

A microscopia eletrônica de varredura foi realizada para melhor avaliação do aspecto da superfície metálica. A Figura 5A e B, ilustra a diferença da camada formada sobre a superfície metálica através da análise de MEV.

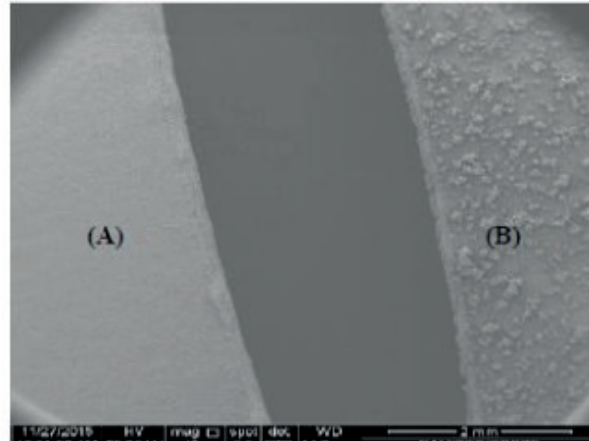


Figura 5-Análise de MEV dos corpos de prova. À esquerda (A) o aspecto da superfície o cupom na presença do ME. À direita (B) o aspecto da superfície do cupom na ausência do ME.

A redução na taxa de corrosão foi atribuída a ação dos microrganismos presentes no ME. Segundo Videla (2003), a presença de microrganismos pode favorecer a formação de um biofilme (protetor) na superfície metálica, retardando as reações de corrosão uniforme, mediante a redução da atividade ou a suspensão de determinadas reações no processo corrosivo. Através da avaliação do MEV é possível verificar a diferença na formação do produto de corrosão quando na presença do ME é verificada a uma cobertura microbiana mais uniforme sobre a superfície metálica.

A capacidade de algumas bactérias formadoras de biofilme em inibir a corrosão foi demonstrada por alguns estudos experimentais (CHONGDAR; GUNASEKARAN; KUMAR, 2005; GUNASEKARAN et al., 2004; LITTLE; WAGNER; MANSFIELD, 1991). O biofilme formado atua como um inibidor pela formação de uma camada que permanece adsorvida na interface metálica com a solução que inibe as reações catódicas e anódicas, sendo dependente da adesão a superfície. As vezes mesmos microrganismos que causam corrosão podem apresentar comportamento inibidor, mas a maioria desses mecanismos é contraditória (VIDELA, 2003), pois os biofilmes não são irreversíveis e estáveis, o que explica parcialmente este efeito inibitório.

## 4 | CONCLUSÕES

O uso de consórcios microbianos em diferentes amostras ambientais foi investigado preliminarmente e apresentou uma potencial eficiência de tratamento. Considerando que estes resultados contribuem para uma nova perspectiva de uso do ME, a avaliação dos parâmetros físico químicos pH e oxigênio dissolvido indicaram

uma tendência ao aumento em todas as condições de dosagem. Não foi possível determinar ainda a eficácia do produto na redução da matéria orgânica através das análises de DQO. Para o nitrogênio amoniacal, houve diminuição de todos os valores, mesmo na condição controle, exceto a condição 2.

Os testes de corrosão indicaram uma potencialidade do uso do consórcio microbiano na proteção contra a corrosão, na presença do ME, embora os mecanismos de corrosão e sua inibição microbiana necessitem de maior investigação, devido à variabilidade da atividade microbiana.

Os resultados obtidos estão de acordo com a literatura uma vez foram verificadas algumas respostas diferentes quanto ação do ME sobre a redução da matéria orgânica. Contudo, a utilização do produto se apresenta de forma promissora, por não oferecer riscos à saúde humana ou do ambiente e por ter sua aplicação isolada ou associada a outros tratamentos com bons resultados expressas por outros autores. A associação do ME na remediação de águas contaminadas com aplicação para prevenção da corrosão destaca a importância do assunto e se apresenta como uma alternativa promissora no tratamento de efluentes, por não oferecer toxicidade, sendo necessários mais estudos até seu aproveitamento como uma técnica de controle de corrosão aplicável.

## REFERÊNCIAS

ABDEL-SHAFY, H. I.; MANSOUR, M. S. M. Integration of effective microorganisms and membrane bioreactor for the elimination of pharmaceutical active compounds from urine for safe reuse. **Journal of Water Reuse and Desalination**, v. 6, n. 4, p. 495–504, 1 dez. 2016.

ALBUQUERQUE, A. C.; NEVES, C. A. B. BIOCORROSÃO – DA INTEGRIDADE DO BIOFILME À INTEGRIDADE DO MATERIAL. **Corrosão & Proteção de materiais**, v. 33, n. 1–2, p. 18–23, 2014.

ASANO, T. **Metcalf & Eddy, Inc Water reuse\_ issues, technologies, and applications-McGraw-Hill (2007)**. [s.l.: s.n.].

ASTM. ASTM- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM- G31-72: Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals. 2003a.

ASTM. **ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM G1- 03. Standard practice for preparing, cleaning, and evaluating corrosion test specimens**, 2003b.

BARBOSA, M. C. et al. **Studies of channel sediments contaminated with organics and heavy metals**. Journal of Hazardous Materials. **Anais...2004**

BATISTA, M. **Effective microorganisms (EM) como bioalimentadores na digestão anaeróbia de resíduos de bovinos**. [s.l.] Universidade federal de Viçosa, 2014.

BORUSZKO, D. Research on the influence of anaerobic stabilization of various dairy sewage sludge on biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons PAHs with the use of effective microorganisms. **Environmental Research**, v. 155, p. 344–352, 2017.

- BORUSZKO, D.; BUTAREWICZ, A. Impact of effective microorganisms bacteria on low-input sewage sludge treatment. **Environment Protection Engineering**, v. 41, n. 4, p. 83–94, 2015.
- CARMO, D. L. DO; SILVA, C. A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 4, p. 1211–1220, ago. 2012.
- CATANZARO L., BAPTISTA NETO J., GUIMARÃES M., S. C. G. Distinctive sedimentary processes in Guanabara Bay-SE/Brazil based on the analysis of echo-character (7.0 kHz). **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 22, p. 69–83, 2004.
- CHONGDAR, S.; GUNASEKARAN, G.; KUMAR, P. Corrosion inhibition of mild steel by aerobic biofilm. **Electrochimica Acta**, v. 50, n. 24, p. 4655–4665, ago. 2005.
- D. THIERRY. Biofilms Analysis of Different Steels Immersed in Ground Water. In: **Aspects of Microbially Induced Corrosion: Papers from Eurocorr'96 and the Efc Working Party on Microbial Corrosion**. [s.l.] Maney Materials Science, 1997. p. 77–88.
- DO CARMO, D. L.; SILVA, C. A. Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, 2012.
- GUNASEKARAN, G. et al. Influence of bacteria on film formation inhibiting corrosion. 2004.
- HIGA, T.; WIDIDANA, G. N. The Concept and Theories of Effective Microorganisms. **Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming**, p. 118–124, 1991.
- JUZELIUNAS, E. et al. Influence of wild strain *Bacillus mycoides* on metals: From corrosion acceleration to environmentally friendly protection. **Electrochimica Acta**, v. 51, n. 27, p. 6085–6090, 2006.
- KARAMANY, H. EL et al. Potential of Effective Microorganisms (Em) for Conventional Activated Sludge Upgrade. **International Water Technology Journal**, v. 3, n. 2, p. 78–86, 2013.
- LANANAN, F. et al. Symbiotic bioremediation of aquaculture wastewater in reducing ammonia and phosphorus utilizing Effective Microorganism (EM-1) and microalgae (*Chlorella* sp.). **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 95, n. PA, p. 127–134, 2014.
- LITTLE, B.; WAGNER, P.; MANSFIELD, F. Microbiologically influenced corrosion of metals and alloys. **Int. Mater. Rev.**, v. 36, n. 6, p. 253–272, 1991.
- LOKARE, C. Effective Microorganisms : Myth or reality ? **Peruvian Journal of Biology**, v. 14, n. 2, p. 315–319, 2007.
- LURLING, M.; TOLMAN, Y.; VAN OOSTERHOUT, F. Cyanobacteria blooms cannot be controlled by Effective Microorganisms (EM) from mud- or Bokashi-balls. **Hydrobiologia**, v. 644, p. 133–143, 2010.
- MADIGAN, M.T.; MARTINKO, J.M.; DUNLAP, P.V.; CLARK, D. P. **Microbiologia de Brock**. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- SAMPAOTONG, TANITTA; LEK-UTHAI, USA; ROONGRUANGCHAI, JANTIMA; ROONGRUANGCHAI, K. Viability and morphological changes of *Acanthamoeba* spp. cysts after treatment with Effective microorganisms (EM). **journal of parasite diseases**, v. 40, n. 2, p. 369–373, 2016.
- SCHUMERTH, D. J. **Gray and Impaired Water Cooling in Surface Condensers and Heat Exchangers**. ASME 2006 Power Conference. **Anais...ASME**, 2006Disponível em: <<http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/proceeding.aspx?articleid=1589028>>

SHANKA, B., MATHEW, W., AND PETER, F. **Evaluation of Effective Microorganisms Wastewater Treatment Method for Use in a Solar Aquatic Facility in Bozeman, Montana, USA.** Sustainable Community Development, L.L.C. 811 Cherry St, Ste 302, Columbia. **Anais...**2002

SZYMANSKI, N.; PATTERSON, R. A. Effective Microorganisms (Em) and Wastewater Systems. **Best Management Practice Conference**, n. October, p. 347–354, 2003.

VAN LOOSDRECHT, M. C. M.; SALEM, S. Biological treatment of sludge digester liquids. **Water Science and Technology**, v. 53, n. 12, p. 11–20, 2006.

VIDELA, H. A. **Biocorrosão, Biofouling e Bioteroração de materiais.** 1a. ed. [s.l.] Edgard Blücher Ltda, 2003.

WAITE C., SILVA G., BITENCOURT J., SABADINI-SANTOS E. , CRAPEZ, M. Copper and lead removal from aqueous solutions by bacterial consortia acting as biosorbents. **Marine Pollution Bulletin**, v. 109, n. Issue 1, p. 386–392, 2016.

ZAKARIA, Z.; GAIROLA, S.; SHARIFF, N. M. Effective microorganisms (EM) technology for water quality restoration and potential for sustainable water resources and management. **International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs)**, v. 1, n. 1, p. 80–87, 2010.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ação antrópica 131, 139, 161, 165  
Acompanhamento 1, 2, 3, 6, 14, 15, 70, 133, 291, 294, 295, 335, 391  
Adensamento por gravidade 92, 93, 94, 95, 99, 100, 103, 104  
Água clarificada 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 102, 103, 127, 128, 129, 182  
Água pluvial 168, 172, 176, 247  
Água salina 118, 119  
Águas subterrâneas 50, 74, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 140, 386, 390  
Água subterrânea 37, 383, 384, 390  
Alagamento 168, 169, 170, 176, 177, 178, 179  
Análise ambiental 141  
Análise envoltória de dados 194, 196

### B

Belém do Pará 29, 30, 31  
Benchmarking métrico 194, 196  
Blumenau 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167

### C

Carbono orgânico total 92, 93, 94, 95, 97, 98, 100, 102, 365, 369, 370, 372, 373, 375  
Coagulação 94, 98, 118, 119, 120, 121, 123, 127, 128, 129, 239, 363, 366, 369, 371, 372  
Coliformes 74, 75, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 90, 131, 135, 136, 138, 139, 246, 252, 288  
Contaminação 55, 74, 75, 76, 81, 83, 84, 87, 89, 111, 232, 333, 334, 359  
Crise hídrica 51, 52, 53, 54, 58, 59, 60

### D

Desaguamento por centrifugação 92, 93, 94, 96, 100, 101, 102, 103, 104  
Disponibilidade hídrica subterrânea 37, 39, 46, 48

### E

Eficiência de operadoras 194  
Enchentes 141, 146, 147, 150, 151, 152, 156, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 179

### F

Floculação 94, 118, 119, 120, 121, 123, 125, 127, 128, 129



## G

Geopolímero 180, 181, 183, 192

Geoprocessamento 141, 143, 153, 259, 261, 266, 330, 331

Gestão da demanda 51, 52, 56

Gestão da oferta 51, 52, 55, 56

## J

Jica 156, 163, 164, 165, 167

## L

Lodo de ETA 180, 192, 193

## M

Microfiltração 118, 120, 122, 127, 128, 129

## O

Obras de saneamento 25, 29

Osmose inversa 105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 127, 128, 129

## P

Parcerias público-privadas 61, 62, 65, 71, 72, 73

Parque Lagoas do Norte 131, 132, 134

Planejamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 15, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 30, 52, 53, 64, 73, 117, 133, 141, 143, 152, 154, 166, 167, 195, 236, 241, 256, 302, 303, 305, 310, 355, 356, 361, 391

Planejamento regional 141, 356

Plano municipal de saneamento básico 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 21, 27, 140

Potencial hídrico subterrâneo 37

PPP 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Projeção populacional 29, 30, 31, 33, 36

Projetos de saneamento 29, 31, 36

## Q

Qualidade da água 76, 91, 103, 106, 118, 119, 120, 131, 133, 134, 135, 139, 140, 216, 264, 320, 327, 330, 335, 346, 349, 353, 355, 382, 383, 384, 387

## R

Recursos hídricos 18, 20, 21, 25, 28, 37, 38, 41, 42, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 75, 106, 131, 132, 140, 141, 142, 152, 153, 162, 166, 167, 179, 181, 208, 218, 229, 254, 325, 327, 329, 330,

339, 340, 341, 350, 353, 355, 360, 361, 379, 382, 384, 385, 388, 389

Regulação 10, 19, 20, 22, 51, 59, 60, 63, 70, 72, 202, 313

Reserva ativa 37

Resíduos de ETA 92

Reúso 105, 106, 108, 111, 112, 116, 117, 218, 219, 220, 228, 229, 230, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389

Revisão 1, 2, 3, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 27, 52, 54, 59, 60, 156, 162, 208, 311, 314, 362

## S

Saneamento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 35, 36, 37, 38, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 69, 70, 71, 72, 131, 133, 135, 140, 168, 179, 198, 208, 218, 221, 244, 311, 313, 314, 318, 321, 322, 323, 328, 330, 339, 340, 341, 350, 351, 358, 380

## T

Teto jardim 168, 169, 170, 171, 172, 173, 176, 177, 178, 179

Torre de resfriamento 105, 108, 111, 112, 113

## U

Ultrafiltração 105, 109, 110, 113, 114, 116, 120, 359

Urbano 76, 134, 143, 158, 160, 165, 166, 167, 168, 169, 179, 181, 339, 341, 350, 351, 353, 356, 381, 391

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-694-2



9 788572 476942