



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: Profª Drª 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**

Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª 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  
Profª Drª 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  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª 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  
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. 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	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)  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  1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária I. Silva, Helenton Carlos da. II. Série.  CDD 628.362
<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	
<a href="#">Maria Cristina Scarpari</a> <a href="#">Juliana Ninov</a> <a href="#">Márcia Antonia Bartolomeu Agustini</a> <a href="#">Fabio Orssatto</a>	
<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	
<a href="#">Isadora Alves Lovo Ismail</a> <a href="#">Angela Di Bernardo Dantas</a> <a href="#">Luiz Di Bernardo</a> <a href="#">Cristina Filomêna Pereira Rosa Paschoalato</a> <a href="#">Mateus Ancheschi Roveda Guimarães</a>	
<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	
<a href="#">Nathalia Oliveira dos Santos</a> <a href="#">Lídia Yokoyama</a> <a href="#">Vanessa Reich de Oliveira</a> <a href="#">Gabriel Travagini Ribeiro</a>	
<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	
<a href="#">Luciano Dias Xavier</a> <a href="#">Lídia Yokoyama</a> <a href="#">Vanessa Reich de Oliveira</a> <a href="#">Gabriel Travagini Ribeiro</a>	
<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	
<a href="#">Rafael Diego Barbosa Soares</a> <a href="#">Carlos Ernando da Silva</a> <a href="#">Ronne Wesley Lopes da Cruz</a>	
<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	
<a href="#">Caio Henrique Ungarato Fiorese</a> <a href="#">Herbert Torres</a> <a href="#">Gilson Silva Filho</a>	
<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>

## DESAGUAMENTO E HIGIENIZAÇÃO DE LODO DE ESGOTO UTILIZANDO ESTUFA AGRÍCOLA SOBRE LEITOS DE SECAGEM

**Juliana Guasti Lozer**

Companhia Espírito Santense de Saneamento  
(CESAN)

Vitória – Espírito Santo

**Ricardo Franci Gonçalves**

Universidade Federal do Espírito Santo

Vitória - Espírito Santo

**Vinicius Mattos Fabris**

Companhia Espírito Santense de Saneamento  
(CESAN)

Castelo – Espírito Santo

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de estufas agrícolas no desaguamento e na higienização do lodo de descarte de uma Estação de Tratamento de Esgoto operada por reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo associado a um biofiltro aerado submerso, utilizando-se cargas nos leitos de secagem entre  $6,4 \text{ kgSST.m}^{-2}$  a  $17,8 \text{ kgSST.m}^{-2}$ . Foi possível concluir que o leito coberto que apresentava menores taxas de sólidos totais aplicadas foi o que obteve melhores resultados em relação a remoção de umidade do lodo, alcançando teores de até 6,8%. Ao final dos 28 dias do experimento foi constatado que, para uma mesma amostra, as reduções nas concentrações dos microrganismos não foram suficientes para enquadrar o biossólido

como Classe A, conforme estabelecido pela Resolução Conama nº 375/2006.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo de esgoto, higienização, estufa agrícola, leitos de secagem.

### DEWATERING AND HYGIENIZATION OF SEWAGE SLUDGE USING GREENHOUSE ON DEWATERING BEDS

**ABSTRACT:** The objective of this research is to study greenhouses performance on dewatering and sanitation of discarded sludge, based on long exposition to sunlight on dewatering beds, in a Sewage Treatment Plant applying Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor associated with submerged aired biofilter, using rates from  $6,4 \text{ kgSST.m}^{-2}$  to  $17,8 \text{ kgSST.m}^{-2}$  on the dewatering beds. It was possible to concludes that the covered bed which had lesser total solid rates showed the best results about the sludge water content removal, reaching rates of up to 6,8%. It was observed by the end of the 28 days that was not enough, for the same sample, the reductions on the microbiologic parameters for characterizing biosolid as Class A, according established by 375/2006 Conama Resolution.

**KEYWORDS:** Sewage sludge, hygienization, greenhouse, dewatering beds.

## 1 | INTRODUÇÃO

Considerado um resíduo sólido, o lodo de estações de tratamento de esgoto possui em sua composição de 40 a 80% de matéria orgânica, além de grandes concentrações de microrganismos patogênicos que podem causar danos à saúde humana e animal (GONÇALVES, *et al.*, 2001).

Atualmente, o lodo gerado na ETE Castelo é desaguado nos leitos de secagem e em seguida encaminhado a um aterro sanitário privado. As quantidades e custos mensais referentes ao período de janeiro/2011 a abril/2012 de lodo enviado ao aterro sanitário são apresentados na Tabela 1.

Data	Volume de lodo (m <sup>3</sup> )	Teor de ST <sup>1</sup> (%)	Peso (t)	Valor (R\$)
14/01/11	10	70	10,42	2.347,00
15/02/11	5	70	3,86	1.535,29
10/05/11	5	70	2,52	1.069,06
13/07/11	5	70	3,16	1.455,81
21/10/11	6	70	4,44	1.604,37
05/04/12	8	70	7,34	1.910,70
12/04/12	5	70	4,2	1.577,06
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>-</b>	<b>35,94</b>	<b>11.499,29</b>

Tabela 1 - Quantidade de lodo enviado a aterro sanitário periodicamente e respectivos custos

1Nota: valores aproximados.

Uma alternativa ambientalmente viável para o problema da disposição final do lodo de esgoto é a utilização na agricultura, desde que não ofereça riscos à saúde e ao meio ambiente. Para a utilização agrícola do lodo de esgoto é necessário que seus parâmetros de qualidade atendam ao disposto na resolução Conama n° 375 (BRASIL, 2006). Assim, o processo de higienização torna-se uma etapa fundamental para a reciclagem agrícola do lodo (ROCHA, 2009).

O uso de estufa agrícola para higienização de lodo de esgoto já foi objeto de estudo de alguns autores no Brasil. A estrutura plástica transparente permite a passagem dos raios solares, maximizando a retenção de calor e impedindo a entrada de águas pluviais e, com isso, acelera o processo de secagem do lodo, reduzindo a umidade, a concentração de microrganismos patogênicos e o volume a ser disposto.

A realização dessa pesquisa encontra justificativa na simplicidade operacional do tratamento do lodo de esgoto em estufas agrícolas, na ausência de dados sobre essa prática de higienização - com lodo gerado em UASB - no estado do Espírito Santo, e na contribuição para o recente estudo de mapeamento das áreas potenciais para aplicação de lodo de esgoto na agricultura no estado do Espírito Santo (LIMA *et al.*, 2011).

O presente trabalho apresenta como objetivo geral estudar o desempenho de

estufas agrícolas no desaguamento e na higienização do lodo de descarte da ETE Castelo e, como objetivos específicos:

- Caracterizar o lodo tratado e não tratado quanto aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos;
- Comparar a capacidade de desague de lodo anaeróbio em leitos de secagem convencionais e em leitos de secagem com estufa;
- Avaliar a capacidade de higienização do lodo em leitos de secagem convencionais e leitos de secagem com estufa;
- Avaliar os impactos dos parâmetros microbiológicos do lodo tratado para utilização na agricultura.

## 2 | METODOLOGIA

O estudo experimental foi desenvolvido na Estação de Tratamento de Esgoto do município de Castelo, região sul do estado do Espírito Santo.

A ETE Castelo atende a uma população urbana de aproximadamente 21 mil habitantes e produz lodo resultante do tratamento de esgoto em reator anaeróbio (UASB) e filtro biológico aerado.

### Plano experimental

A estrutura física para a realização dos experimentos constituiu-se de quatro leitos de secagem preenchidos com diferentes taxas de ST aplicadas, sendo que, dois leitos foram cobertos com módulos de estufa agrícola.

Foram previstos períodos de 28 dias para cada repetição do experimento, com as seguintes datas de início e fim das amostragens:

Primeira repetição: início em 24/02/2012 e término em 23/03/2012;

Segunda repetição: início em 27/03/2012 e término em 24/04/2012;

Terceira repetição: início em 27/04/2012 e término em 25/05/2012.

Em todas as amostras coletadas foram monitorados os parâmetros ST e SV a cada 7 dias e, os parâmetros *Salmonella sp.*, ovos viáveis de helmintos e coliformes termotolerantes a cada 14 dias.

Durante a realização do experimento foram monitoradas *in loco*, diariamente, as temperaturas máximas e mínimas dos leitos de secagem e do ambiente externo, bem como, o índice de precipitação pluviométrica.

### Tratamentos utilizados

O lodo estabilizado proveniente do reator UASB foi descarregado em quatro leitos de secagem, e cada um foi exposto aos seguintes tratamentos:

LC1: Leito de secagem coberto por módulo de estufa agrícola e com taxa de

sólidos totais aplicada de  $10,2 \text{ kgSST.m}^{-2}$ ;

LC2: Leito de secagem coberto por módulo de estufa agrícola e com taxa de sólidos totais aplicada de  $14,3 \text{ kgSST.m}^{-2}$ ;

LD1: Leito de secagem descoberto e com taxa de sólidos totais aplicada de  $14,3 \text{ kgSST.m}^{-2}$ ;

LD2: Leito de secagem descoberto e com taxa de sólidos totais aplicada de  $10,2 \text{ kgSST.m}^{-2}$ ;

As taxas de sólidos totais aplicadas nos leitos de secagem obedeceram aos critérios da ABNT (2011), que recomenda taxas de aplicação de até  $15,0 \text{ kgSST.m}^{-2}$ . Para a variação das taxas, foi modificado apenas o valor da altura inicial de lodo, uma vez que esta variação representa, em uma mesma área superficial, o aumento/redução da taxa de sólidos aplicada.

A estrutura das estufas foi fechada com lona plástica translúcida, com 150 micrometros de espessura, de forma a evitar a entrada de água pluvial e possibilitar a penetração da radiação solar. Na Repetição 1, a estrutura possuía uma abertura frontal superior para permitir a ventilação interna e conseqüentemente a remoção da umidade dentro da estufa, que se torna elevada com a evaporação da água livre contida no lodo. No entanto, nas repetições 2 e 3 foi definido por fechar totalmente a estufa como forma de conter maior quantidade de calor, sendo assim, a ventilação interna, quando necessária, foi feita através das cortinas laterais reguláveis.

Os detalhes e dimensões dos módulos de estufa construídos são apresentados na Figura 1.

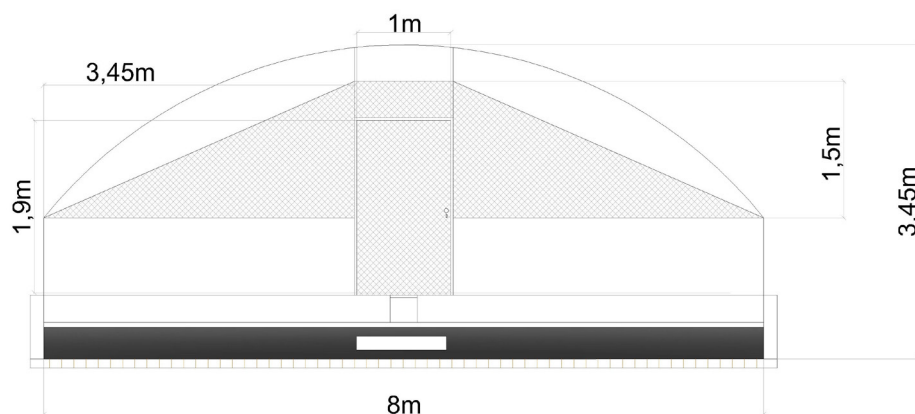


Figura 1 - Detalhes do módulo de estufa construído sobre os leitos de secagem

Nota. A área hachurada mostra a abertura frontal para ventilação interna durante a Repetição 1.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados a seguir utilizam-se da seguinte legenda:

**LC1:** Leito coberto 1 com taxas de sólidos totais aplicadas nas repetições 1, 2 e 3 de  $6,4$ ,  $7,6$  e  $7,6 \text{ kgSST.m}^{-2}$ , respectivamente.

**LD1:** Leito descoberto 1 com taxas de sólidos totais aplicadas nas repetições 1, 2 e 3 de 10,3, 12,1 e 15,3 kgSST.m<sup>-2</sup>, respectivamente.

**LD2:** Leito descoberto 2 com taxas de sólidos totais aplicadas nas repetições 1, 2 e 3 de 9,7, 9,9 e 9,9 kgSST.m<sup>-2</sup>, respectivamente.

**LC2:** Leito coberto 2 com taxas de sólidos totais aplicadas nas repetições 1, 2 e 3 de 16,8, 17,8 e 15,3 kgSST.m<sup>-2</sup>, respectivamente.

### Monitoramento da temperatura do ar

Resumidamente, são apresentadas na Tabela 2 as médias das temperaturas médias diárias, das máximas e das mínimas nos leitos cobertos, descobertos e no ambiente durante as 3 repetições do experimento.

Observa-se na Tabela 2 que as temperaturas dentro dos leitos cobertos com módulos de estufa agrícola (LC) ficaram ligeiramente acima das temperaturas nos leitos descobertos (LD).

A maior amplitude observada nas temperaturas máximas entre leitos cobertos e descobertos foi de 8,6°C, fato que ocorreu durante a Repetição 2. Observou-se que nos leitos cobertos por estufas a maior temperatura registrada foi de 49,6°C durante três dias consecutivos na Repetição 2, enquanto para os leitos descobertos a temperatura registrada foi de 42,6°C nesse período.

Repetição	Período	Temperatura (°C)								
		Média das médias			Média das Máximas			Média das Mínimas		
		T <sub>LC</sub>	T <sub>LD</sub>	T <sub>A</sub>	T <sub>LC</sub>	T <sub>LD</sub>	T <sub>A</sub>	T <sub>LC</sub>	T <sub>LD</sub>	T <sub>A</sub>
1	24/02/12 a 23/03/12	31,7	31,2	27,9	41,3	40,1	34,2	22,2	22,4	21,6
2	27/03/12 a 24/04/12	32,8	29,2	25,2	43,9	37,5	30,3	21,7	20,8	20,1
3	27/04/12 a 25/05/12	27,5	25,5	21,5	36,0	33,0	25,3	19,0	18,0	17,6

Tabela 2 - Resultados do monitoramento da temperatura

Nota: TLC: Temperatura nos Leitos Cobertos; TLD: Temperatura nos Leitos Descobertos; TA: Temperatura Ambiente

Foi realizado o teste de comparação múltipla de Fisher que resultou em ausência de diferença estatisticamente significativa entre os leitos cobertos (LC1 e LC2), no entanto, pode-se verificar diferença entre as temperaturas para ambos os leitos cobertos em relação aos descobertos (LC1-LD e LC2-LD), fato já esperado devido a capacidade da estufa agrícola em aproveitar a radiação solar promovendo um



aquecimento do ar interno.

## Monitoramento da umidade do lodo e relação com a produtividade dos leitos de secagem

Os menores valores de umidade do lodo foram alcançados na Repetição 1 e essa constatação pode estar associada ao fato da umidade média relativa do meio ambiente e do índice de precipitações pluviométricas terem sido menores no período, além disso, nessa repetição, as estufas continham uma abertura frontal na parte superior que permitira uma ventilação constante e conseqüente remoção da umidade do meio.

Os resultados da produtividade dos leitos de secagem são apresentados na Figura 2 para a Repetição 1, que foi a que obteve melhores resultados finais de incremento de sólidos totais do lodo.

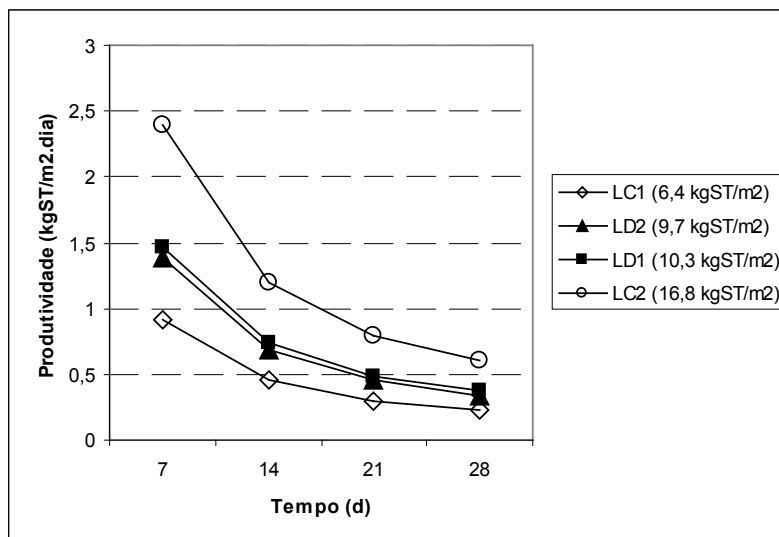


Figura 2 - Gráfico da produtividade dos leitos de secagem na Repetição 1

De acordo com o gráfico apresentado na Figura 2 é possível observar que, na teoria, o leito de secagem com maior produtividade é aquele que possui maior taxa de sólidos totais aplicada, neste caso, o LC2, entretanto, observou-se uma tendência inversa em relação ao incremento de sólidos totais, ou seja, quanto maior a taxa de sólidos totais aplicada maior a umidade final da amostra (Figura 3).

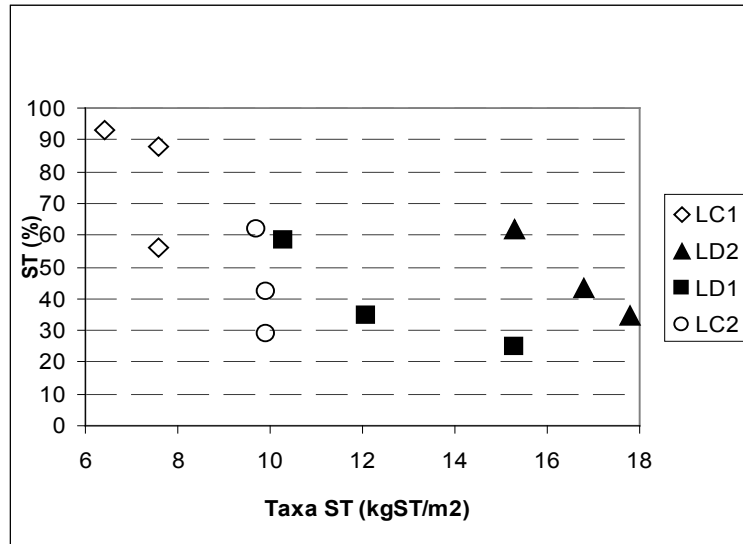


Figura 3 - Gráfico do teor de ST das amostras ao final dos 28 dias *versus* taxas de ST aplicadas nos leitos de secagem, para as três repetições do experimento

A amostra de lodo que obteve o menor valor de umidade ao final do experimento foi do LC1 na Repetição 1 (6,4 kgSST.m<sup>-2</sup>) apresentando 6,8% de umidade, consistindo numa amostra de consistência física de pó fino. Amostras que chegam a essa consistência indicam um bom resultado quanto aos aspectos econômicos da ETE, pois acarreta em diminuição do custo de transporte do lodo à destinação final.

Foi proposto ainda, um modelo de regressão linear múltipla, para relacionar o comportamento da umidade do lodo ao longo do tempo com a taxa de ST aplicada e com a influência da cobertura do leito.

A Figura 4 mostra o resultado do modelo proposto para taxas de ST aplicada de 7 kgSST.m<sup>-2</sup> e 17 kgSST.m<sup>-2</sup>, ou seja, aproximadamente a menor e a maior taxa utilizada nesta pesquisa.

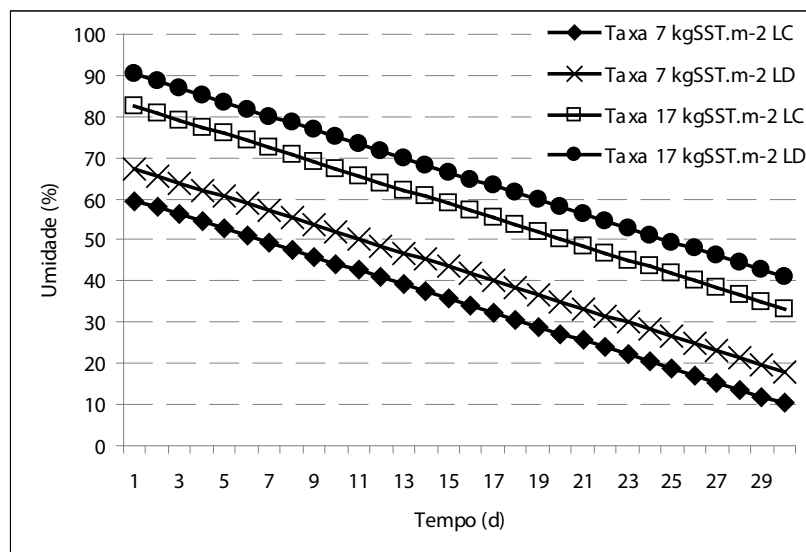


Figura 4 - Gráfico do modelo de regressão proposto

O modelo mostrou que para o mesmo tipo de leito, para cada incremento de 1 (uma) unidade na taxa de ST aplicada, a umidade do lodo no leito será, em média, acrescida em 2,3 unidades, para o mesmo período de exposição e desconsiderando-se as variáveis meteorológicas. Pode-se observar na Figura 4, que o leito coberto diminui o teor de umidade do lodo, em média, em 7,7 unidades em relação ao leito descoberto com mesma taxa de ST aplicada.

A Tabela 3 relaciona o tempo de exposição necessário do lodo no leito para se alcançar um teor de umidade final de aproximadamente 50%. Observa-se que para uma mesma taxa de ST aplicada, o leito coberto atinge o teor de umidade final do lodo em menor tempo, resultando em maior rotatividade para as descargas de lodo no leito.

Leito	Taxa (kgSST.m <sup>-2</sup> )	Tempo aproximado (d)
LC	7	6
LD	7	10
LC	17	19
LD	17	24

Tabela 3. Tempo de exposição, Taxa de ST aplicada e teor de umidade final de 50%

Observa-se também, que com a utilização de menores taxas de ST aplicadas possibilita-se atingir uma umidade final desejada do lodo em menor tempo, propiciando ciclos mais curtos de desaguamento. Essa prática também se mostra interessante em períodos com condições climáticas mais amenas, ou seja, que apresentam menor temperatura ambiente e/ou maior umidade relativa do ar, em que o desaguamento torna-se mais demorado.

## Monitoramento dos parâmetros microbiológicos

- **Ovos viáveis de helmintos**

Mesmo com reduções expressivas de até 99,8% (LC1 - repetição 1) na quantidade de ovos viáveis e baixas umidades das amostras, especialmente no LC1 que apresentou 6,8 % e 12,4% de umidade ao final das repetições 2 e 3 respectivamente, não foi possível atingir o padrão Classe A da Resolução Conama nº 375/2006 que estabelece um limite de 0,25 ovos viáveis / g ST. Sabe-se que a redução da umidade é um fator relevante na redução da concentração de ovos de helmintos da massa de lodo, entretanto, outras condições como temperatura e radiação solar também são fundamentais para a completa inviabilização dos ovos.

Dos resultados das análises de ovos viáveis de helmintos só foram encontrados aqueles do grupo nematóides (vermes cilíndricos), sendo que do gênero *Strongyloides* foi majoritária, representando 83% dos resultados de todas as amostras analisadas, enquanto os gêneros *Ancylostoma* e *Ascaris* representaram

15% e 2%, respectivamente.

- ***Salmonella sp.* e coliforme termotolerante**

A presença das bactérias *Salmonella sp.* e coliforme termotolerante foi detectada em várias amostras coletadas durante a realização do experimento, tanto nos leitos cobertos quanto nos leitos descobertos. Alguns fatores podem ter influenciado nesses resultados:

- a temperatura máxima da massa de lodo não foi suficiente para a letalidade da bactéria, ou seja, não alcançou 55°C por pelo menos 30 minutos de exposição segundo Tchobanoglous; Burton; Stensel (2003);

- ocorrência de recrescimentos devido as condições ambientais favoráveis durante o experimento, com temperaturas médias em torno de 32,0°C e máximas em torno de 45,0°C nos leitos de secagem;

- mesmo com a expressiva redução de umidade das amostras, especialmente no LC1, a insistente presença da bactéria parece configurar um caso de recontaminação por agentes externos.

Para os parâmetros microbiológicos, ao final dos 28 dias do experimento foi constatado que: apenas o leito coberto 2 na repetição 2 apresentou resultados de coliformes termotolerantes abaixo de  $10^3$  NMP/gST; apenas na repetição 3 obteve-se ausência de *Salmonella* em todos os quatro leitos de secagem e, por fim, as reduções nas concentrações de ovos viáveis de helmintos não foram suficientes para enquadrar o bio sólido como Classe A conforme estabelecido pela Resolução Conama nº 375/2006.

## 4 | CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos na pesquisa conclui-se que:

O lodo de descarte da ETE Castelo possui teor médio de ST de 3,5%, concentração de coliformes termotolerantes da ordem de  $10^5$  NMP/gST, concentração média de 7,8 OVH/gST e ausência de *Salmonella sp.*

Pode-se observar que as temperaturas dentro dos leitos cobertos com módulos de estufa agrícola ficaram ligeiramente acima das temperaturas nos leitos descobertos, sendo que a maior amplitude observada nas temperaturas máximas foi de 8,6°C.

Verificou-se que apesar do aumento da produtividade do leito de secagem estar diretamente relacionada com o aumento da taxa de sólidos totais aplicada, ocorre uma tendência inversa em relação ao incremento de sólidos totais, ou seja, quanto maior a taxa de sólidos totais aplicada maior a umidade final da amostra. O leito coberto 1 foi o que obteve melhores resultados no incremento de ST, alcançando teores de umidade final da amostra de até 6,8%, representando diferença estatisticamente significativa em relação aos leitos descoberto 2 e coberto 2.

Ao final dos 28 dias do experimento foi constatado que as reduções em relação aos microorganismos de interesse não foram suficientes para enquadrar o biossólido como Classe A conforme estabelecido pela Resolução Conama nº 375/2006.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.209: **Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro, 2011.

BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. **Resolução do Conama 375/2006 que dispõe sobre a Regulamentação do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 2011.

GONÇALVES, R. F.; DA SILVA, A. L. B.; PASSAMANI, F. R. F.; SPAVIER, L. C.; CRIBARI, B. S. **Influência da difusividade térmica na eficiência da Pasteurização de lodos de esgoto**. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 21, 2001, João Pessoa, PB. Anais eletrônicos: ABES/SC, 2001.

LIMA, M. de F. de; MATTOS, C. N. de; VIEIRA, P. L. C.; ALMEIDA, L. F. de. **Geração de lodo de esgoto e seu potencial como fonte de matéria orgânica para a agricultura**. In: \_\_\_\_\_. *Manual de uso agrícola e disposição do lodo de esgoto para o estado do Espírito Santo*. Vitória: Incaper, 2011. cap. 1, p. 11–17.

ROCHA, A. N. C. L. **Higienização de lodo anaeróbico por meio alcalino: Estudo de caso da ETE Lages** – Aparecida de Goiânia – GO: 2009, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente, 2009.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D. **Wastewater engineering: treatment and reuse**. 4th ed. Metcalf & Eddy. Inc. New York: McGraw-Hill, 2003. 1819 p.

## 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