



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	
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	
Viviane Nascimento da Silva e Sá	
Fabiana Valéria da Fonseca	
Leila Yone Reznik	
Tito Lívio Moitinho Alves	
<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	
Ajadir Fazolo	
Alisson Luiz Boeing	
Kátia Valéria Marques Cardoso Prates	
Paulo Henrique Mazieiro Pohlmann	
Rafael Coelho Ciciliato	
Rafaella Oliveira Baracho	
<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	
Demian da Silveira Barcellos	
Harry Alberto Bollmann	
<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	
Evanildo Pereira de Lima	
Helder Guimarães Aragão	
<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	
Juliana Guasti Lozer	
Victor Correia Faustini	
Cinthia Gabriela de Freitas Ribeiro Vieira Reis	
Nadja Lima Gorza	
Renata Maia das Flores	
<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	
Sâmia Rafaela Maracaípe Lima	
Eduardo Ueslei de Souza Siqueira	
Layse de Oliveira Portéglio	
Mainara Generoso Faustino	
<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 COMPARATIVO DA SECAGEM NATURAL DE LODOS DE ETES SUBMETIDOS AO PROCESSO DE CENTRIFUGAÇÃO

**Sara Rachel Orsi Moretto**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –  
UTFPR – Curitiba  
Curitiba - PR

**Walmor Cardoso Godoi**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –  
UTFPR – Curitiba  
Curitiba - PR

**Sebastião Ribeiro Junior**

Institutos Lactec e UFPR  
Curitiba - PR

**RESUMO:** A fim de melhor gerir os espaços físicos tão disputados de uma ETE e de diminuir os custos de transporte para a destinação final do lodo, é importante que se conheça o menor volume atingido por uma massa úmida, e o teor de sólidos totais ou umidade gravimétrica correspondente, conforme esta massa perde umidade por secagem natural. Por outro lado, conhecendo-se a densidade do lodo para um determinado teor de sólidos ou umidade, pode-se conhecer a massa úmida ou seca de lodo que ocupa um determinado volume. O objetivo do presente trabalho é comparar a secagem natural de lodos gerados por reatores UASB em duas ETEs, após terem sido sujeitos ao desaguamento mecânico por centrífuga. Para tanto, curvas da variação relativa de massa, da variação relativa de volume, e curvas da

densidade destes lodos foram levantadas durante a secagem. Embora os lodos estudados sejam semelhantes, assim como o processo de tratamento a que se sujeitaram, as respectivas curvas de densidade e de variação relativa de volume, durante a secagem destes lodos, foram diferentes, muito provavelmente, devido às diferenças das condições climáticas, no período que estes experimentos foram realizados. Curvas da variação relativa de volume destes lodos, em função da umidade gravimétrica, revelam valores de umidades gravimétricas (ou teores de sólidos totais), onde, a partir dos quais, o volume deixa de contrair em decorrência da perda de umidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** secagem de lodos, contração de lodos, densidade de lodos.

### COMPARATIVE STUDY OF NATURAL SLUDGE DRYING OF WWTPS (WASTEWATER TREATMENT PLANTS) SUBMITTED TO A CENTRIFUGATION PROCESS

**ABSTRACT:** To better manage physical space so much disputed of a WWTP and to decrease transportation costs, in the final destination of the sludge, it is important to know the smallest volume reached by a wet mass, and

the corresponding total solid content or gravimetric water content, as this mass loses moisture through natural drying. On the other hand, by knowing the sludge density and the corresponding solid content or moisture content, it is possible to know the moist or dry mass of the sludge, which occupies a specific volume. The objective of the current work is to compare the natural drying of sludges produced by UASB reactors in two WWTPs, after being subjected to mechanic dewatering by centrifuge. Therefore, mass relative variation curves, volume relative variation curves, and the density curves of these sludges were made during the drying. Even though the sludges studied are similar, as well as the treatment process they have been subjected to, the respective curves of density and volume relative variation, during the drying of these sludges, were different, highly probably to different climate conditions in the period these experiments were made. Volume relative variation curves of these sludges, as a function of gravimetric water content, reveal values of gravimetric water contents (or total solid contents) from which the volume ceases to contract due to moisture loss.

**KEYWORDS:** sludge drying, sludge contraction, sludge density.

## 1 | INTRODUÇÃO

A quantificação do volume de lodo em uma estação de tratamento de esgoto (ETE) é importante em diversas etapas do tratamento do mesmo, como por exemplo, no descarte, após desaguamento, e na disposição final. Lodos que sofreram desaguamento podem permanecer por alguns meses em pátios de cura e secagem para a redução de patógenos em níveis aceitáveis, quando estes lodos são destinados à agricultura e/ou para a redução complementar de volume e massa, pela secagem natural (MIKI; ANDRIGUETI; SOBRINHO, 2002). Os custos de manuseio e transporte, para a destinação final, são normalmente calculados com base no volume da massa úmida. No entanto, muitas vezes se faz o cálculo com base na massa seca do lodo, para efeito comparativo entre as alternativas existentes (FERNANDES et al., 2001). Assim, a fim de melhor gerir os espaços físicos tão disputados de uma ETE e de diminuir os custos de transporte para a destinação final do lodo, é importante que se conheça o menor volume atingido por uma massa úmida, e o teor de sólidos totais ou umidade gravimétrica correspondente, conforme esta massa perde umidade por secagem natural. Por outro lado, conhecendo-se a densidade do lodo para um determinado teor de sólidos ou umidade, pode-se conhecer a massa úmida ou seca de lodo que ocupa um determinado volume. Entretanto, nas ETEs no Brasil, estas medidas, quando realizadas, são elaboradas de uma maneira bastante informal.

Trabalhos publicados no passado (MORETTO; PUPPI; PEGORINI, 2012; MORETTO et al., 2013) levantaram as curvas da variação relativa do volume e da densidade de lodos, em função do teor de sólidos totais ou da umidade gravimétrica destes lodos, que são gerados na ETE CIC Xisto, Curitiba – PR. Esta ETE realiza

tratamento de esgotos através de reatores UASB, cujo lodo descartado é desaguado mecanicamente por centrífuga. As amostras utilizadas para estes trabalhos foram coletadas em janeiro de 2012.

Mais recentemente, em novembro de 2015, novas amostras foram extraídas e acondicionadas de forma similar às amostras utilizadas nas pesquisas anteriores, com o intuito de realizar as curvas citadas acima. Porém, estas amostras foram obtidas na ETE Fazenda Rio Grande, município de Fazenda Rio Grande – PR. A referida ETE também realiza tratamento de esgoto através de reatores UASB, cujo lodo descartado é, igualmente, desaguado mecanicamente por centrífuga.

O objetivo geral do presente trabalho é comparar a secagem natural de lodos gerados por reatores UASB, após terem sido sujeitos ao desaguamento mecânico por centrífuga. Os objetivos específicos consistem em levantar curvas da variação relativa de massa, da variação relativa de volume, e curvas da densidade destes lodos, em função do teor de sólidos totais.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta das amostras, tanto no caso das amostras mais recentes, quanto no caso das anteriores, foi realizada com uma bandeja (50cm x 35cm x 10cm) colocada bem próxima à saída da centrífuga, onde deixava-se o lodo cair sobre ela, até que grande parte da bandeja fosse preenchida. Anéis de alumínio, com volumes (em torno de 55 cm<sup>3</sup>) e massas aferidas, e com uma das extremidades cortantes, eram introduzidos manualmente na massa de lodo pelo lado cortante, até que o lodo extravasasse pela extremidade superior. A massa ao redor dos anéis era retirada com uma espátula, e esta mesma espátula era introduzida por baixo dos anéis, a fim de retirá-los da bandeja. Com uma espátula cortante, a massa de lodo que extravasou a extremidade superior de cada um dos anéis era retirada e uma lâmina de vidro (9cm x 9cm) era colocada nesta extremidade a fim de vedá-la. Os anéis preenchidos eram virados e limpos, e suas massas medidas em balança digital.

Após a coleta, estas amostras foram transferidas e dispostas em local coberto e arejado, numa condição similar à que ocorre na secagem de lodos, nas referidas ETEs. No caso das amostras mais recentes, o local coberto e arejado era nas dependências dos Institutos Lactec, e no caso das anteriores, nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – campus Curitiba.

No experimento mais recente (2015), foram analisadas 4 amostras em onze dias, distribuídos num período de 39 dias (desde 13/11/2015 até 16/12/2015). Foram realizadas medidas da massa em balança digital (resolução 0,0001g), e volume, utilizando um paquímetro digital para as medidas de diâmetro e altura destas amostras, resultando num total de 44 procedimentos de medidas de massa e volume para o conjunto.

Os teores de sólidos totais das amostras, no momento das análises, foram determinados através das medidas de massa destas amostras, e através da medida de massa seca destas, após secagem em estufa por 24h, ocorrida apenas no final do processo.

No experimento anterior (2012), tomavam-se aleatoriamente, a cada dia, 4 ou 3 amostras diferentes de um conjunto inicial de 40 amostras, onde medidas de massa (resolução 0,01g), e volume através de paquímetro digital, eram realizadas para estas amostras. As análises ocorreram diariamente, durante 11 dias seguidos (de 29/01 a 08/02 de 2012), resultando em 43 procedimentos de medidas de massa e volume. Fez-se também, apenas para as amostras coletadas em 2012, medidas de volume, pela impermeabilização destas amostras por parafina, e imersão em recipiente com álcool etílico, a partir do terceiro dia de análise. Estas medidas não foram utilizadas, uma vez que as mesmas tendem a ser subestimadas, principalmente depois que as amostras atingem teor de sólidos totais 65% (MORETTO; PUPPI; PEGORINI, 2012; MORETTO et al., 2013).

No caso do experimento anterior, o teor de sólidos totais, para o conjunto de amostras retiradas de uma bandeja (10 unidades por vez), no momento da coleta, foi determinado através da média realizada sobre os teores de sólidos medidos para quatro pequenas amostras extraídas aleatoriamente da bandeja. Conhecendo-se a massa de cada uma das amostras extraídas com os anéis, e conhecendo-se o teor de sólidos totais atribuído ao conjunto, no momento da amostragem, pôde-se calcular a massa de sólidos contida em cada uma destas amostras, e assim determinar o teor de sólidos totais destas amostras, em qualquer momento da análise. Adotou-se tal procedimento, uma vez que após medidas de massa e volume pelo paquímetro, estas amostras eram envoltas em parafina (a partir do terceiro dia de análise), para medida alternativa de volume, o que inviabilizou a secagem natural ou em estufa destas amostras, a posteriori.

As medidas de densidade das amostras foram baseadas na metodologia para solos, para obtenção da densidade aparente pelo Método do Anel Volumétrico (EMBRAPA, 1997), com algumas adaptações, uma vez que se mediu a densidade do lodo úmido.

### 3 | RESULTADOS OBTIDOS

A Figura 1, referente ao experimento mais recente (novembro e dezembro de 2015), mostra o gráfico da variação relativa de massa  $\left(\frac{m}{m_0}\right)$ , ou seja, a razão entre a massa das amostras no momento da amostragem ( $m$ ) e a massa inicial das mesmas, no momento da coleta, ( $m_0$ ), em função do teor de sólidos totais (TS) destas amostras. Mostra também o gráfico da variação relativa de volume  $\left(\frac{V}{V_0}\right)_{paq}$ , que corresponde à razão entre o volume das amostras no momento da amostragem ( $V$ ) e a volume inicial destas, no momento da coleta ( $V_0$ ), lembrando que estes volumes foram

determinados através do paquímetro, e o gráfico da densidade destas amostras ( $D_{paq}$ ) (volumes determinados pelo paquímetro), em função do TS.

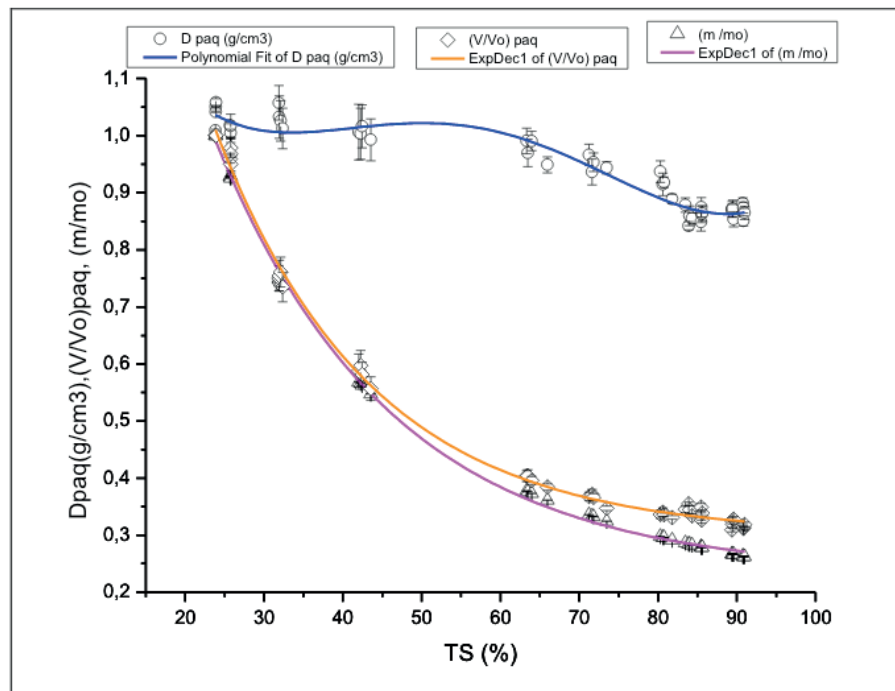


Figura 1: Curvas da  $D_{paq}$  ( $g/cm^3$ ),  $\left(\frac{V}{V_o}\right)_{paq}$  e  $\left(\frac{m}{m_o}\right)$  para as amostras mais recentes.

A Figura 2 mostra as mesmas curvas contidas na Figura 1, porém para as amostras do experimento anterior (janeiro a fevereiro de 2012), lembrando que os volumes destas amostras também foram determinados pelo paquímetro. Utilizou-se nestas relações o símbolo **ant**(de anterior), para diferencia-las das relações obtidas no experimento mais recente.



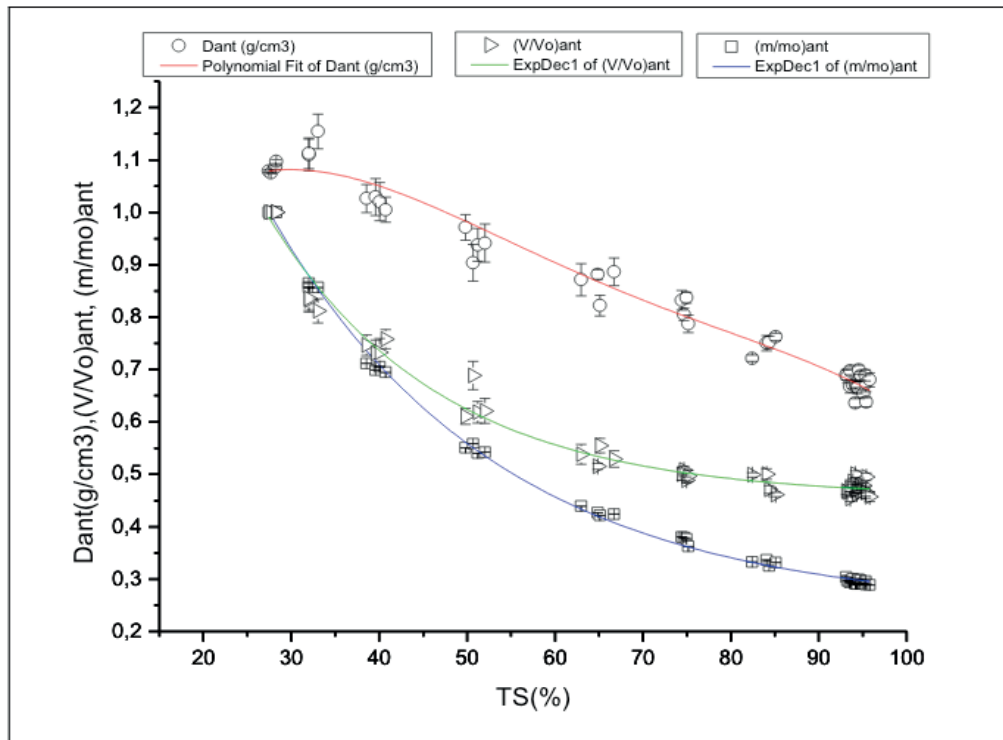


Figura 2: Curvas da  $D_{ant}$  ( $g/cm^3$ ),  $(\frac{V}{V_o})_{ant}$  e  $(\frac{m}{m_o})_{ant}$  para as amostras anteriores.

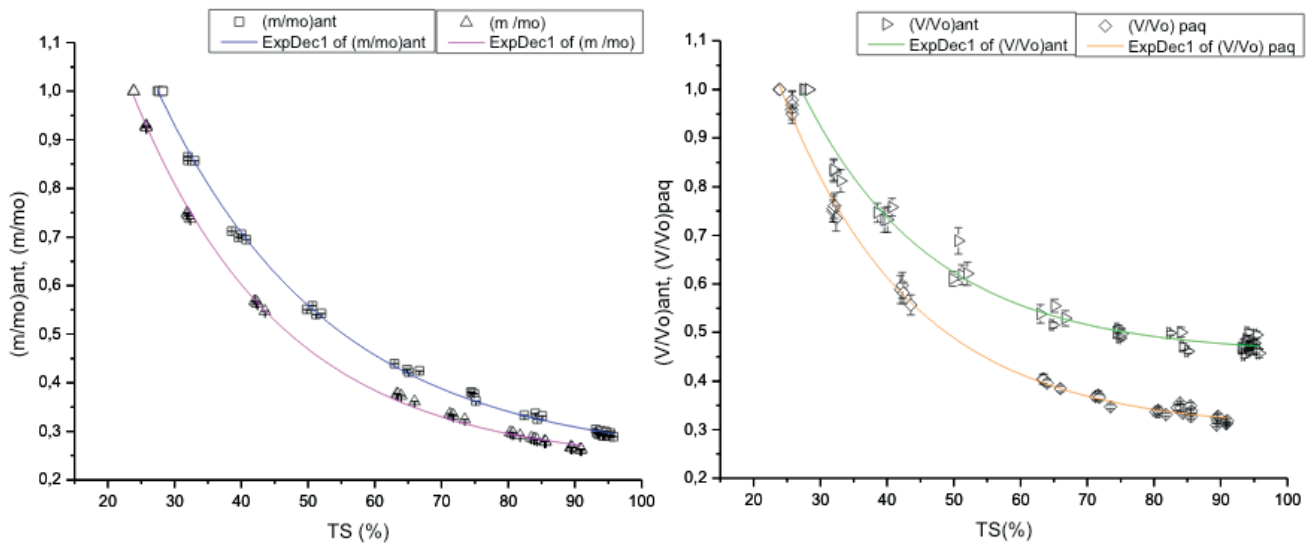


Figura 3: (a) Curvas da relação  $(\frac{m}{m_o})$  para as amostras mais recentes e as anteriores. (b) Curvas da relação  $(\frac{V}{V_o})$  para as amostras mais recentes e as anteriores.

No sentido de tornar mais claras as diferenças ocorridas nestes dois processos de secagem, as Figuras 3 (a) e 3 (b) apresentam, respectivamente, as curvas de variações relativas de massa  $(\frac{m}{m_o})$  e volume  $(\frac{V}{V_o})$ , em função do teor de sólidos totais, para as amostras mais recentes e a anteriores, e a Figura 4 mostra a curva de densidade, em função do teor de sólidos totais, para estas amostras.

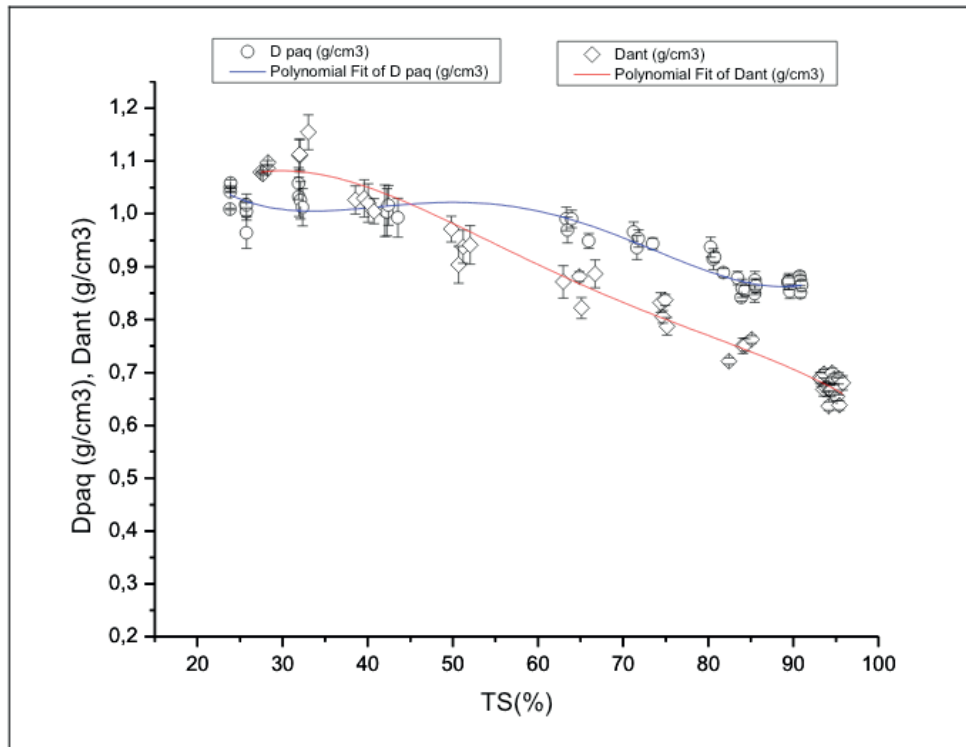


Figura 4: Curvas das densidades (g/cm³) para as amostras mais recentes e as anteriores.

A Figura 5 mostra as curvas das variações relativas de volumes para as amostras mais recentes e as anteriores, só que agora em função da umidade gravimétrica destas amostras,  $U$ , definida como a razão entre a massa de água e a massa de sólidos da amostra.

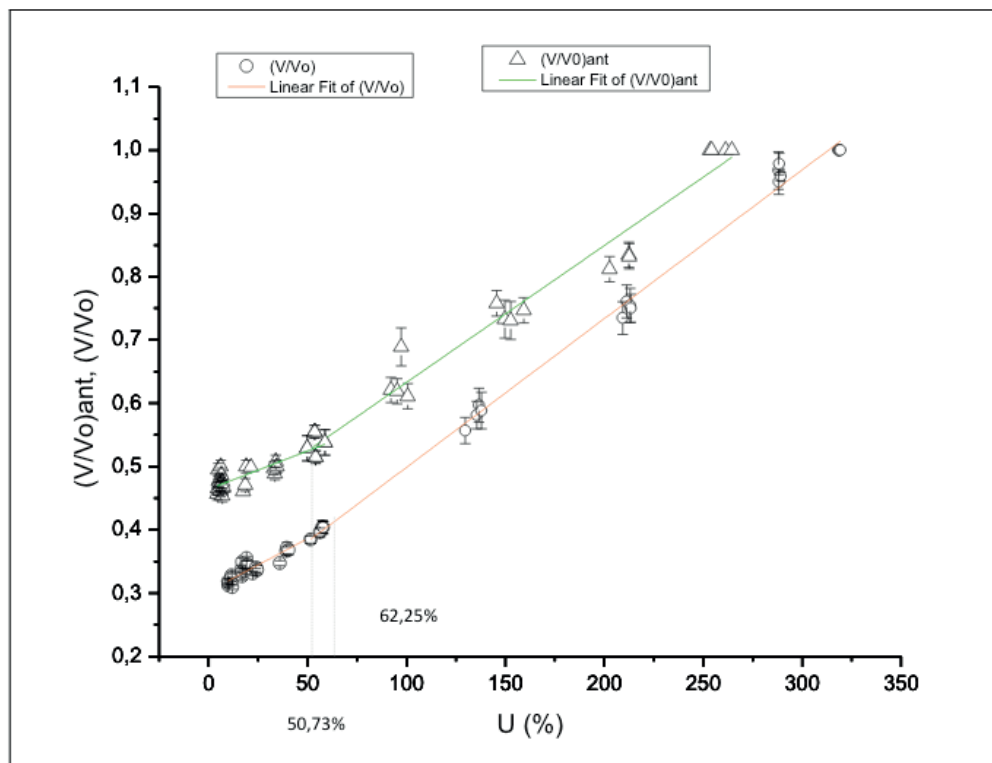


Figura 5: Curvas da relação  $(\frac{V}{V_0})$  para as amostras mais recentes e as anteriores, em função da

As Figuras 6 e 7 mostram, respectivamente, valores médios diários da temperatura, umidade relativa e precipitação, na cidade de Curitiba, no período do experimento mais recente (desde 13/11/2015 até 16/12/2015) e no período do experimento anterior (de 29/01 a 08/02 de 2012) (SIMEPAR, 2017).

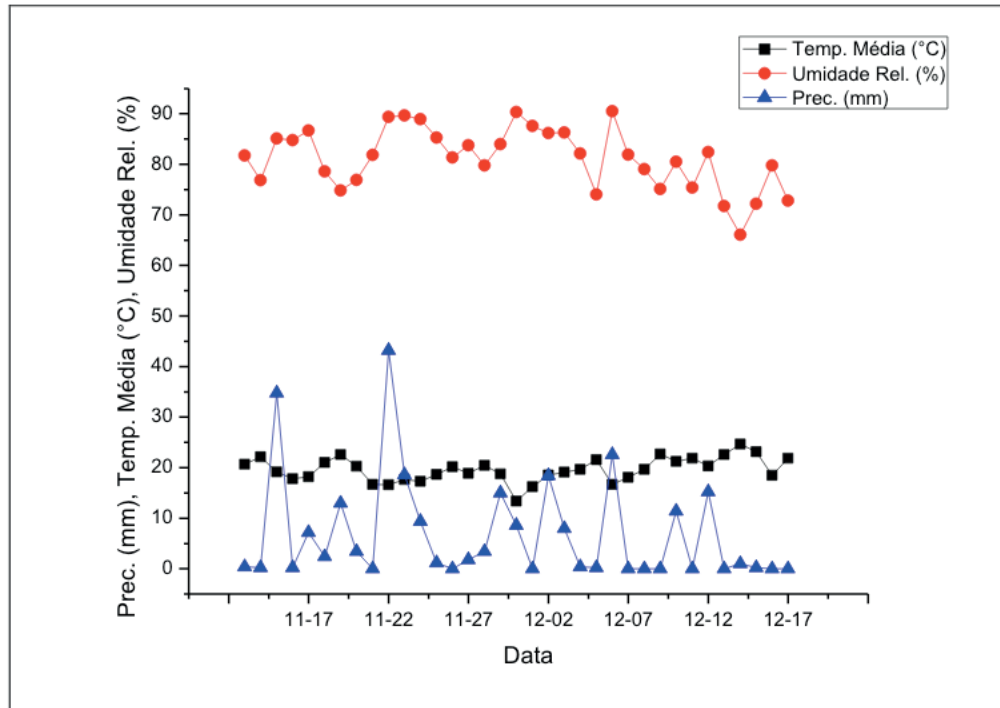


Figura 6: Temperatura média (°C), umidade relativa (%) e a precipitação (mm) (valores médios diários) na cidade de Curitiba, no período do experimento mais recente (desde 13/11/2015 até 16/12/2015). Fonte: SIMEPAR (2017).

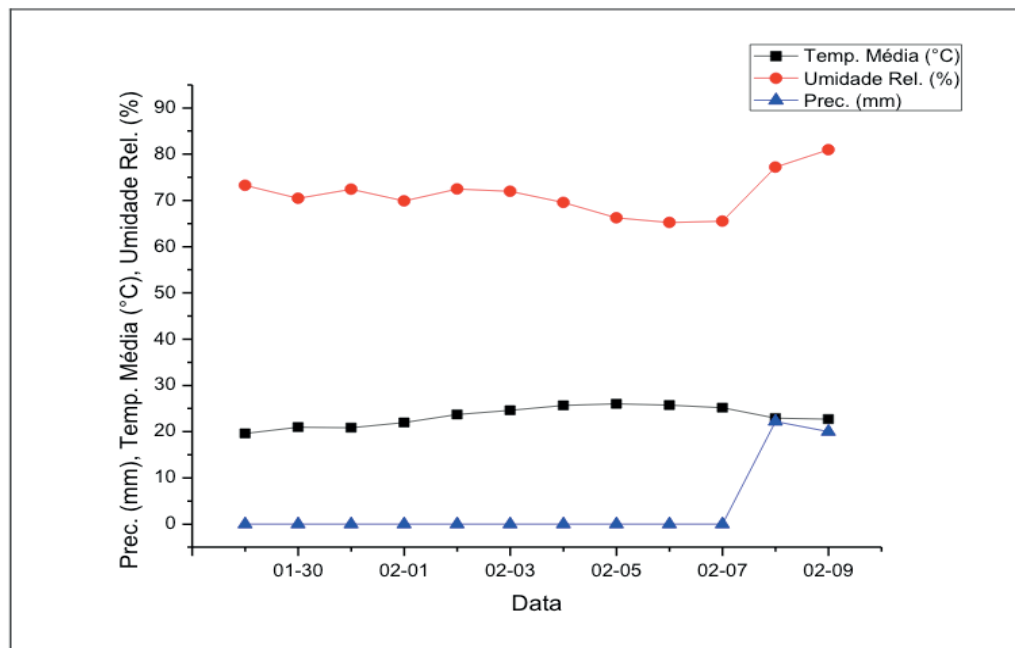


Figura 7: Temperatura média (°C), umidade relativa (%) e a precipitação (mm) (valores médios diários) na cidade de Curitiba, no período do experimento anterior (de 29/01 a 08/02 de 2012). Fonte: SIMEPAR (2017).

## 4 | ANÁLISE DOS RESULTADOS

Dos gráficos da Figura 3(a), podem-se observar comportamentos das variações relativas de massa bem semelhantes, durante toda a secagem das amostras do experimento mais recente e das amostras do experimento anterior, uma vez que as curvas são praticamente paralelas. Observa-se ao longo do processo de secagem das amostras, que para iguais variações relativas de massa, as amostras mais recentes terão sempre teores de sólidos menores que os das amostras anteriores. Este fato é compreensível, uma vez que o TS médio inicial das amostras mais recentes (23,89%) é cerca de 14% menor que o TS inicial das amostras anteriores (27,91%). A densidade média inicial das amostras mais recentes (1,04 g/cm<sup>3</sup>) é pouco menor (cerca de 5%) que a densidade média inicial das amostras anteriores (1,09 g/cm<sup>3</sup>). O tempo total para ocorrer uma perda significativa de massa de água, por parte das amostras do experimento mais recente, é bem maior que o tempo para as amostras anteriores, muito provavelmente, devido à alta umidade do ar durante o período de secagem das amostras mais recentes. Estas atingem TS  $\approx$  91% após 39 dias, enquanto as anteriores atingem TS  $\approx$  95% em 10 dias.

Embora estas amostras tenham características bem parecidas, uma vez que resultam de tratamentos de esgotos bem similares, as condições climáticas, durante a secagem das mesmas, foram bastante diferenciadas. O experimento mais recente ocorreu num período de menor temperatura, maior umidade relativa e maior precipitação, quando comparado com o experimento anterior. Os valores médios da temperatura, umidade relativa e precipitação, estendidos para estes períodos, são, respectivamente, 19,62 °C, 81,24%, 6,83 mm (experimento mais recente) e 23,32 °C, 71,26%, 2,02 mm (experimento anterior) (SIMEPAR, 2017).

Dentro do intervalo de teores de sólidos totais observado nos dois experimentos ( $\Delta$ TS  $\approx$  67%), as variações relativas de massa, no final da secagem, são próximas (0,26 para as mais recentes e 0,29 para as anteriores), porém, conforme a Figura 3(b), no final da secagem, as amostras do experimento mais recente tiveram uma maior variação de volume que as do experimento anterior (a variação relativa de volume foi 0,32 para as mais recentes e 0,48 para as anteriores). Isto explica porque a densidade média das amostras mais recentes (0,87 g/cm<sup>3</sup>) é maior que a densidade média das amostras anteriores (0,67 g/cm<sup>3</sup>), no final do processo de secagem (Figura 4). Como o comportamento da variação relativa do volume para as amostras mais recentes é muito semelhante ao comportamento da variação relativa da massa destas amostras, até TS  $\approx$  55% (Figura 1), a densidade (Figura 1 e Figura 4) destas fica praticamente constante até este TS. A partir daí, a densidade reduz um pouco, uma vez que a massa decai um pouco mais que o volume. Para as amostras do experimento anterior, a variação da massa decai razoavelmente mais que a variação do volume (Figura 2), para TS acima de 35%, resultante em uma queda mais acentuada da densidade, a partir deste TS (Figura 2 e Figura 4).

Os gráficos da Figura 5 mostram uma redução abrupta da variação relativa de volume (redução da inclinação da reta) em  $U = 62,25\%$  ( $TS = 61,63\%$ ), para as amostras mais recentes, e em  $U = 50,73\%$  ( $TS = 66,34\%$ ), para as amostras do experimento anterior. Segundo a Física dos Solos, a partir destas umidades, denominadas limites de contração, o solo, ou lodo, neste caso, deixaria de contrair em virtude da perda de água, durante a secagem. Qualquer redução adicional de volume, a partir destas umidades, dependeria apenas da atração entre as partículas que compõe o solo, ou seja, dependeria das propriedades do solo em questão (LAL; SHUKLA, 2004). Estes valores encontrados dão um indicio importante sobre os valores da umidade gravimétrica ou do teor de sólidos totais, que devem ser atingidos num processo de secagem destes lodos, quando se vislumbra alcançar os menores volumes de resíduos, decorrentes deste processo.

## 5 | CONCLUSÃO

Embora os lodos estudados sejam semelhantes, assim como o processo de tratamento a que se sujeitaram, as respectivas curvas de densidade e variação relativa de volume, durante a secagem destes lodos, foram diferentes. Observa-se também um tempo muito maior para a secagem das amostras mais recentes (39 dias), que o tempo de secagem das amostras anteriores (10 dias), muito provavelmente, devido às diferenças das condições climáticas, no período que estes experimentos foram realizados. Curvas da variação relativa de volume destes lodos, em função da umidade gravimétrica, revelam valores de umidades gravimétricas (ou teores de sólidos totais), onde, a partir dos quais, o volume deixa de contrair em decorrência da perda de umidade.

## REFERÊNCIAS

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Rio de Janeiro. 1997.

FERNANDES F.; LOPES D. D.; ANDREOLI C.V.; SILVA S.M.C.P. **Avaliação de alternativas e gerenciamento do lodo na ETE**. In: Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. DESA-UFMD-SANEPAR. Belo Horizonte, 2001. vol. 6.

LAL R.; SHUKLA M. K. **Principles of soil physics**. New York. Marcel Dekker, Inc. 2004.

MIKI M. K.; ANDRIGUETI E. J.; SOBRINHO P. A. **Tratamento da fase sólida em estações de tratamento de esgotos**. In: Biossólidos na agricultura. ABES, USP, ESALQ, UNESP, 2002.

MORETTO S. R. O.; PUPPI R. F. K.; PEGORINI E. S. **Análise do comportamento da densidade do lodo de ETE sujeito à secagem natural após centrifugação**. In: XXXIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Salvador. 2012.

MORETTO S. R. O.; KUVADA J. T.; PUPPI R. F. K.; PEGORINI E. S. **Estudo da contração de lodos provenientes de digestão anaeróbia**. In: 27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Goiânia, 2013.

SISTEMA METEOROLÓGICO DO PARANÁ - SIMEPAR. Dados fornecidos através de ofício e termo de compromisso. Maio 2017.

## 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